

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO**



FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS

**“TRATAMIENTO BIOLÓGICO PARA LA
CONTAMINACIÓN POR TENSOACTIVOS DE LA
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
DEL CANTÓN SALCEDO- CHIPOALÓ”**

**Tesis de Grado Previo a la obtención del título de:
INGENIERA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL
LIZA YUCHEN LIN ESCUDERO**

Riobamba – Ecuador

2014

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer en primer lugar a Dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los malos momentos y por brindarme una vida llena de aprendizaje y felicidad.

A mis padres Gilda y Yi, quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación con su apoyo incondicional, depositando en mi toda su confianza en cada reto que se me presenta.

A mi Directora de Tesis Dra. Jenny Moreno Mora, a mi colaboradora Dra. Yolanda Díaz, al Ing. Francisco Vaca quienes aportaron sus valiosos conocimientos para la ejecución de la presente investigación.

Al G.A.D. Municipal del Cantón Salcedo en especial al departamento de Agua Potable y Alcantarillado, mismos que brindaron el auspicio para la realización de esta investigación y me brindaron la oportunidad de ayudarlos.

DEDICATORIA

A mi madre, por ser el pilar más importante y por ser una madre ejemplar que me ha demostrado siempre su cariño y me ha enseñado a no desfallecer ni rendirme ante nada.

A mi padre, por su apoyo incondicional quien con sus consejos ha sabido guiarme para culminar mi carrera profesional y a superarme como persona.

A mi hermano y abuelita que siempre han estado pendientes de mí sin importar la distancia, son una motivación, inspiración y felicidad.

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS

El tribunal de tesis certifica que el trabajo de investigación ““TRATAMIENTO BIOLÓGICO PARA LA CONTAMINACIÓN POR TENSOACTIVOS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL CANTÓN SALCEDO- CHIPOALÓ”, de responsabilidad de la señorita Liza Yuchen Lin Escudero ha sido prolijamente revisado por los Miembros del Tribunal de Tesis, quedando autorizado su presentación.

NOMBRE	FIRMA	FECHA
Ing. César Avalos I. DECANO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS	_____	_____
Dra. Nancy Veloz DIRECTORA DE LA ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS	_____	_____
Dra. Jenny Moreno TUTORA DE TESIS	_____	_____
Dra. Yolanda Díaz MIEMBRO DE TESIS	_____	_____
Ing. Eduardo Tenelanda COORDINADOR SISIB- ESPOCH	_____	_____

HOJA DE RESPONSABILIDAD

Yo, Liza YuchenLin Escudero, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta Tesis, y el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado pertenecen a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.”

LIZA YUCHEN LIN ESCUDERO

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

BTEX	Benceno, tolueno, etilbenceno, xilenos.
°C	Grados Celsius
Ca	Calcio
CaCl ₂	Cloruro de calcio
CO ₂	Dióxido de carbono
CORPLAB	Corporación Laboratorios Ambientales del Ecuador
COO ⁻	Carboxilato
DBO ₅	Demanda bioquímica de oxígeno (5 días)
DQO	Demanda química de oxígeno
Fe ⁺²	Hierro (II)
Fe ⁺³	Hierro (III)
FeCl ₃	Cloruro férrico
g	Gramos
G.A.D.	Gobierno autónomo descentralizado
g/mol	Gramos / mol
h	horas
HO	Radical hidroxilo
H ₂ O	Agua
H ₂ O ₂	Peróxido de hidrógeno
H ₂ S	Ácido sulfhídrico
H ₂ SO ₄	Ácido sulfúrico
Hormonas AIA	Ácido indolacético

Hormonas AG	Hormonas giberélico
K	Potasio
kg/L	Kilogramos / litro
M	metros
m ³	Metros cúbicos
MgCl ₂	Cloruro de magnesio
ml	Mililitros
mm	Milímetros
MnSO ₄	Sulfato de manganeso
m.s.n.m.	Metros sobre el nivel del mar
Na	Sodio
Na ₂ S ₂ O ₃	Tiosulfato de sodio
NH ₃	Amoníaco
NMP/100ml	Número más probable
OD	Oxígeno disuelto
pH	Potencial hidrógeno
PO ₄ ³	Fosfato
PTAR	Planta de tratamiento de agua residual
RPM	Revoluciones por minuto
S	Azufre
s	Segundo
SO ₃	Sulfonato
SO ₄ ⁼	Ión sulfato
TULSMA	Texto unificado de legislación ambiental
UFC/ml	Unidades formadoras de colonia

μm	Micrómetro
%	Porcentaje
\$	Dólar americano

ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS	viii
ÍNDICE DE ANEXOS	xviii
ÍNDICE DE FIGURAS	xix
ÍNDICE DE TABLAS	xx
ÍNDICE DE GRÁFICOS	xxi
RESUMEN	xxii
SUMMARY	xxiii
INTRODUCCIÓN	xxiv
ANTECEDENTES	xxv
JUSTIFICACIÓN	xxvi
OBJETIVOS	xxvii
GENERAL.....	xxvii
ESPECÍFICOS	xxvii
CAPÍTULO I	1
1. MARCO TEÓRICO	1
1.1. AGUA RESIDUAL	1
1.1.1. DEFINICIÓN.....	1

1.1.2. CARACTERIZACIÓN DEL AGUA RESIDUAL.....	1
1.1.2.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	1
1.1.2.2. CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS	2
1.1.2.3. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS	2
1.2. AGENTES TENSOACTIVOS	3
1.2.1. PROPIEDADES DE UN AGENTE TENSOACTIVO	4
1.2.1.1. Detergencia:	4
1.2.1.2. Espumantes	4
1.2.1.3. Emulsificación	5
1.2.1.4. Dispersión	5
1.2.1.5. Suspensión	5
1.2.2.1. TENSOACTIVO IÓNICO	5
1.2.2.1.1. Tensoactivo Aniónico	5
1.2.2.1.2. Tensoactivo Cationico	6
1.2.2.1.3. Tensoactivo Anfótero	7
1.2.2.2. TENSOACTIVO NO IÓNICO.....	7
1.3. EFECTOS DE LOS AGENTES TENSOACTIVOS EN EL AMBIENTE.....	8
1.3.1. Problemas ocasionados por los agentes tensoactivos en la Planta de Tratamientos de Aguas Residuales	10
1.3.1.1. Espuma.....	10

1.3.1.2. Eutrofización.....	10
1.3.1.3. Biodegradabilidad.....	10
1.3.1.4. Toxicidad	11
1.4. TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL.....	11
1.4.1. Aireación de cascadas	12
1.4.2. Rejillas	13
1.4.3. Tanque imhoff.....	14
1.4.4. Pantano artificial	15
1.5. OXIDACIÓN AVANZADA	16
1.5.1. Ventajas de la oxidación avanzada	18
1.6. REACCIÓN FENTON	18
1.6.1. Mecanismo General	19
1.6.2. Peróxido de Hidrógeno	20
1.6.3. Hierro	20
1.6.4. Uso de la Reacción Fenton en tratamiento de Aguas Residuales	21
1.7. COAGULACIÓN – FLOCULACIÓN.....	21
1.7.1. Coagulación	21
1.7.1.1. Coagulantes.....	23
1.7.1.2. Tipos de Coagulación	24
1.7.1.2.1. Coagulación Por Adsorción	24

1.7.1.2.2. Coagulación por Barrido.....	24
1.7.2. Floculación.....	24
1.7.2.1. Floculantes	25
1.7.2.2. Tipos de Floculación.....	26
1.7.2.2.1. Floculación Pericínética.....	26
1.7.2.2.2. Floculación Ortocinética.....	26
1.8. MICROORGANISMOS PARA TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	
.....	26
1.8.1. Bacterias.....	26
1.8.1.1. Factores de crecimiento bacteriano.....	27
1.8.1.2. Destrucción de bacterias	28
1.8.2. Protozoos.	28
1.8.3. Crustáceos microscópicos.....	29
1.8.4. Los virus	29
1.8.5. Las algas	29
1.8.6. Hongos	30
1.8.7. Nemátodos y gusanos planos (gusanos)	30
1.8.8. Protozoos y helmintos patógenos	32
1.9. NORMATIVA APLICABLE	32

1.9.1. NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES: RECURSO AGUA	32
CAPÍTULO II.....	35
2. PARTE EXPERIMENTAL	35
2.1. MUESTREO.....	35
2.1.1. Caracterización del Agua.....	35
2.1.2. Toma de muestras en cada prueba	35
2.2. METODOLOGÍA.....	35
2.2.1. FASE I	35
2.2.1.1. Caracterización del agua	35
2.2.1.2. Medición del caudal.....	36
2.2.1.3. Ejecución de pruebas	36
2.2.1.3.1. PRUEBA 1	39
2.2.1.3.2. PRUEBA 2.....	39
2.2.1.3.3. PRUEBA 3.....	39
2.2.1.3.4. PRUEBA 4.....	40
2.2.1.3.5. PRUEBA 5.....	40
2.2.1.3.6. PRUEBA 6.....	40
2.2.1.3.7. PRUEBA 7.....	40
2.2.1.3.8. PRUEBA 8.....	40

2.2.1.3.9. PRUEBA 9.....	41
2.2.1.3.10. PRUEBA 10.....	41
2.2.1.3.11. PRUEBA 11.....	41
2.2.2. FASE II.....	41
2.2.2.1. Determinación de Tratamiento	41
2.2.3. FASE III.....	45
2.2.3.1. Presupuesto	45
2.2.4. MÉTODOS Y TÉCNICAS.....	47
2.2.4.1. MÉTODOS	47
2.2.4.1.1. INVESTIGACIÓN DE CAMPO.....	47
2.2.4.1.2. INDUCTIVO	48
2.2.4.1.3. DEDUCTIVO	48
2.2.4.1. TÉCNICAS.....	49
2.2.4.1.1. CARACTERIZACIÓN DEL AGUA	49
A más de los datos obtenidos en el mes de noviembre por el G.A.D municipal del cantón salcedo, se volvió a realizar un análisis en el mes de marzo para verificar los resultados en lo concerniente al parámetro tensoactivos; en la verificación se utilizó un muestreo simple por entrada en cada proceso de la planta.....	49
2.2.4.1.2. MEDICIÓN DE CAUDAL	49
2.2.4.1.3. REALIZACIÓN DE PRUEBAS	50

2.2.4.1.3.1. Reacción Fenton con hierro hidratado.	50
2.2.4.1.3.2. Reacción Fenton con hierro hidratado + desengrasante.	51
2.2.4.1.3.3. Reacción Fenton con hierro deshidratado.....	53
2.2.4.1.3.4. Reacción Fenton con hierro deshidratado + Coagulación + Floculación.....	54
2.2.4.1.3.5. Reacción Fenton con hierro deshidratado + Floculación.....	56
2.2.4.1.3.6. Coagulación + Floculación	57
2.2.4.1.3.7. Reacción Fenton + Hierro hidratado + Bacterias EM •1	59
2.2.4.1.3.8. Reacción Fenton + Hierro Deshidratado + Bacterias EM •1 ...	60
2.2.4.1.3.9. Reacción Fenton + Hierro hidratado + Floculación + Bacterias EM •1	62
2.2.4.1.3.10. Agua Residual del Tanque Imhoff + Bacterias EM •1	64
2.2.4.1.3.11. Agua Residual del Pantano Artificial + Bacterias EM •1	65
2.2.4.1.4. MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS PARA EL ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DEL AGUA RESIDUAL	67
2.2.4.1.4.1. Determinación de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅). MAM-38 / APHA 5210 B	67
2.2.4.1.4.2. Determinación de la demanda química de oxígeno (DQO). MAM- 23 ^a / COLORIMÉTRICO MERCK.....	68
2.2.4.1.4.3. Determinación de los tensoactivos. MAM- 74 APHA 5540 C	69
2.3. DATOS EXPERIMENTALES	70

2.3.1. DIAGNÓSTICO	70
2.3.1.1. Calidad del Agua	71
2.3.2. DATOS	72
2.3.2.1. CARACTERIZACIÓN DEL AGUA	72
2.3.2.2. Datos del Caudal	75
2.3.2.2.1. Tiempos de Entrada	75
2.4. DATOS ADICIONALES	76
CAPÍTULO III.....	78
3. LÍNEA DE INVESTIGACIÓN	78
3.1. CÁLCULOS	78
3.1.1. Caudal entrada	78
3.1.2. Oxigreen.....	78
3.1.3. Hierro Hidratado	78
3.1.4. Hierro Deshidratado.....	79
3.1.5. Desengrasante	79
3.1.6. Coagulante	79
3.1.7. Floculante.....	79
3.1.8. Bacterias.....	80
3.1.9. Volumen de los Tanques Imhoff	80
3.1.10. Volumen de agua que ingresa	81

3.1.11. Volumen de Oxigreen	81
3.1.12. Volumen de Catalizador (Hierro Hidratado)	81
3.1.13. Volumen de las Bacterias	82
3.2. RESULTADOS	82
3.2.1. Resultados de los análisis de agua de las pruebas	82
3.3. PROPUESTA.....	83
3.4. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	84
3.4.1. PRUEBA 1.....	84
3.4.2. PRUEBA 2.....	84
3.4.3. PRUEBA 3.....	84
3.4.4. PRUEBA 4.....	85
3.4.5. PRUEBA 5.....	85
3.4.6. PRUEBA 6.....	85
3.4.7. PRUEBA 7.....	85
3.4.8. PRUEBA 8.....	86
3.4.9. PRUEBA 9.....	86
3.4.10. PRUEBA 10.....	86
3.4.11. PRUEBA 11.....	87
CAPÍTULO IV	89
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	89

4.1. CONCLUSIONES	89
4.2. RECOMENDACIONES.....	90
BIBLIOGRAFÍA	91
FOTOGRAFÍAS.....	95
ANEXOS	98

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS PRUEBA 1	99
Anexo 2 RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS PRUEBA 2	100
Anexo 3 RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS PRUEBA 3	101
Anexo 4 RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS PRUEBA 4	102
Anexo 5 RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS PRUEBA 5	103
Anexo 6 RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS PRUEBA 6	104
Anexo 7 RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS PRUEBA 7	105
Anexo 8 RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS PRUEBA 8	106
Anexo 9 RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS PRUEBA 9	107
Anexo 10 RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS PRUEBA 10	108
Anexo 11 RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS PRUEBA 11	109

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Orientación de las moléculas de un tensoactivo en agua	4
Figura 2 Estructura del Dodecil Sulfato de Sodio	6
Figura 3 Estructura del Bromuro de Cetil Amonio.....	7
Figura 4 Estructura del Alquil Dimetil Betaína	7
Figura 5 Aireación de Cascada	13
Figura6 Rejillas.....	13
Figura 7 Tanque Imhoff Rectangular.....	14
Figura 8 Plantas de un Pantano Artificial	16

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I Procesos de Oxidación Avanzada	17
Tabla II Formas de Bacterias	27
Tabla III LÍMITES DE DESCARGA A UN CUERPO DE AGUA DULCE.	33
Tabla IV COSTO DE PRODUCTOS	45
Tabla V COSTO/DÍA DE LAS BOMBAS	45
Tabla VI COSTO DE BACTERIAS: PRIMER AÑO	45
Tabla VII COSTO DE BACTERIAS: SEGUNDO AÑO	46
Tabla VIII COSTOS TOTALES PARA DOS AÑOS	46
Tabla IX Localización del proyecto.....	47
Tabla X Determinación de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	67
Tabla XI Determinación de la demanda química de oxígeno (DQO)	68
Tabla XII Determinación de tensoactivos	69
Tabla XIII Análisis del agua	72
Tabla XIV Tiempos de entrada.....	75
Tabla XV Análisis de aceites y grasas de la PTAR.....	76
Tabla XVI Análisis de aceites y grasas de las pruebas	76
Tabla XVII Análisis de DBO y DQO de las pruebas antes del tratamiento	77
Tabla XVIII Análisis de DBO y DQO de las pruebas después del tratamiento	77
Tabla XIX Resultados de los análisis del agua.....	82
Tabla XX Análisis de Resultados	87

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Contenido de tensoactivos en las 11 pruebas	41
Gráfico 2 Comparación de los resultados DQO	42
Gráfico 3 Comparación de los resultados DBO ₅	43
Gráfico 4 Ubicación del proyecto	48
Gráfico 5 Medición de Caudal	49
Gráfico 6 Procedimiento de la Prueba 1	51
Gráfico 7 Procedimiento de la Prueba 2	52
Gráfico 8 Procedimiento de la Prueba 3	54
Gráfico 9 Procedimiento de la Prueba 4	55
Gráfico 10 Procedimiento de la Prueba 5	57
Gráfico 11 Procedimiento de la Prueba 6	58
Gráfico 12 Procedimiento de la Prueba 7	60
Gráfico 13 Procedimiento de la Prueba 8	61
Gráfico 14 Procedimiento de la Prueba 9	63
Gráfico 15 Procedimiento de la Prueba 11	66
Gráfico 16 Planos de la PTAR.....	70
Gráfico 17 Mediciones de los tanques	71

RESUMEN

Se diseñó un tratamiento biológico para la planta de tratamiento de aguas residuales del cantón Salcedo- Chipoaló- provincia de Cotopaxi; para disminuir la contaminación de agua causada por tensoactivos, el mismo que produce un mal funcionamiento de la planta. Se caracterizó el agua utilizando como base la Tabla 12 del Anexo 1 del TULSMA para comparar los límites máximos permisibles de los tensoactivos, DBO5 y DQO. Una vez analizada el agua se obtuvieron los resultados: 3,23 mg/L en tensoactivos, 207 mg/L en DBO5 y 605 mg/L en DQO; los mismos que no cumplen con la norma. Se realizaron once pruebas, con procesos de: reacción fenton utilizando como catalizador hierro hidratado y hierro deshidratado, coagulación, floculación y finalmente la utilización de bacterias EM•1. Después de cada prueba se realizaron análisis de tensoactivos; y DBO5 – DQO para las pruebas con bacterias en el Laboratorio de Química Ambiental de la Universidad Central del Ecuador. Con los resultados obtenidos se analizó y se seleccionó la prueba 11 con resultados 0,231 mg/L en tensoactivos , 51mg/L en DBO5 y 163mg/L en DQO, cumpliendo con la legislación. El tratamiento biológico propuesto consta de cuatro etapas: la primera es la limpieza de los tanque imhoff utilizando reacción fenton, la segunda es la implementación del cultivo bacteriano en los tanques, la tercera es la inoculación de bacterias semanalmente durante tres meses, y la última es la etapa de activación que constituye en inocular las bacterias cada 15 días consecutivamente; el cual se recomienda poner en práctica en la planta de tratamientos de agua residual del cantón Salcedo para tener una mejor eficiencia y garantizar el buen funcionamiento de la planta.

SUMMARY

We design a biologic treatment for the treatment plan of the residual waters from Salcedo- Chipoaló town from Cotopaxi province; to decrease the contamination of the water, caused by the surfactants, the same that produce the mal functioning of the plant. We characterize the water using like base the plank 12 annex 1 of the TULSMA to compare the maximum limits enabled of the surfactants, DBO_5 and DQO. Once analyzed the water, we obtain the results: 3.23 mg/L in surfactants, 207 mg/L in DBO_5 and 605 mg/L in DQO, the same that don't carry out with the norm. We make eleven tests with Fenton process reaction, using like catalyzer the hydrate iron and dehydrate iron, coagulation, flocculation and finally the use of bacteria EM•1. After each test, we analyzed the surfactants and DBO_5 – DQO for the test with bacteria in the Chemical Environmental Lab of the Central University of Ecuador, with the results, we analyze and choose the test 11 with the results: 0.231 mg/L in surfactants, 51 mg/L in DBO_5 , 163 mg/L in DQO, carry out with the legislation. The biological treatment that we propose have four level: the first level is to clean the imhoff tanks, using the Fenton reaction, the second level is to implement the cultivation of the bacteria in the tanks, the third level is the inoculation of the bacteria by week during three months, in the last level we have the activation, that compose to inoculate the bacteria each 15 days consecutively, in that we recommend to put in practice in the treatment plant of residual waters of Salcedo- Chipoaló town to have a better efficiency and to guarantee the good functioning of the plant.

INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso natural que constituye un pilar fundamental para la vida y que cada vez es más escaso debido a su demanda por el incremento poblacional e industrial en las últimas décadas. Por lo que en la actualidad se ha visto la necesidad de evolucionar hacia una gestión de calidad de los recursos y de su protección, procurando garantizar un abastecimiento futuro y un desarrollo sostenible.

La disposición final de las aguas residuales domésticas es un tema que preocupa a todos los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales, quiénes están colaborando con el ambiente para que disminuya la contaminación de agua.

En el cantón Salcedo Chipoaló, existe preocupación por reducir la contaminación causada por la alta carga de tensoactivos presente en el agua residual. Por lo que, en la planta de tratamientos constituye una prioridad el diseño de un tratamiento biológico que permita disminuir dicha contaminación; y de esta manera poder dar cumplimiento con la normativa vigente.

En la planta de tratamiento de agua residual trata el agua del sector de San Miguel del cantón Salcedo, la misma que es conducida por medio de tuberías a la planta ubicada en Chipoaló, ingresa por un canal realizando aireación por cascadas, posteriormente tiene dos rejillas que retienen el material sólido; continúa con dos tanques imhoff para la remoción de carga contaminante y finalmente se dirige a dos pantanos artificiales, con lechuguines y carrizos para ser posteriormente descargados al Río Cutúchi. Para los fangos o lodos existen dos lechos de secado, una vez que son utilizados, los lodos posteriormente son llevados al relleno sanitario del cantón.

ANTECEDENTES

El GAD Municipal del cantón Salcedo ha venido trabajando por el cuidado y protección del ambiente realizando un relleno sanitario, una planta de reciclaje y cinco plantas de tratamiento de agua residual para abastecer a toda la población ubicada en diferentes sectores. Actualmente el municipio del cantón Salcedo tiene una población urbana y rural de 58,216 habitantes (INEC 2010), la parroquia de San Miguel cuenta con 31,315 habitantes que representan más de la mitad de su población total (54%).

La planta de tratamientos de agua residual sector Chipoaló implementada en el año 2009 consta de tratamiento primario, secundario y terciario. Para poder verificar su eficiencia, en el mes de Septiembre del 2013 se realizó análisis de agua en el Laboratorio CORPLAB, en donde se obtuvo resultados no satisfactorios por el parámetro tensoactivos con un resultado de 2,71 mg/L, siendo el límite máximo permisible 0,5 mg/L, por lo que están incumpliendo la normativa vigente (TULSMA).

Como acción correctiva realizaron una extracción de lodos que no se había realizado desde que la planta entró en funcionamiento; posteriormente implementaron unas nuevas rejillas para que pueda retener más sólidos ya que existía presencia de sólidos en los tanques.

En el mes de noviembre se realizó un nuevo análisis de agua en CORPLAB en donde se obtuvo un resultado de 2,48 mg/L que aún estaba fuera de límite, por lo que se ha considerado necesario diseñar un tratamiento específico para tensoactivos. La biodegradación de detergentes ha sido investigada desde la década de 1950 cuando se difundió el uso de detergentes sintéticos. La concentración promedio de detergentes en las aguas residuales domésticas es de 1 a 10 mg/L, y la concentración promedio en las aguas residuales industriales rara vez supera los 300 mg/l (Wagener and Schink, 1987).

JUSTIFICACIÓN

En la actualidad, el incremento poblacional e industrial ha provocado que el agua, como recurso natural, tenga un inadecuado manejo, como el desperdicio por actividades y contaminación por la falta de concienciación de la ciudadanía.

El cantón Salcedo se dedica, entre otras actividades, al comercio al por mayor y menor; y reparación de vehículos automotores y motocicletas con un total de 848 establecimientos según datos del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial, lo que implica un alto grado de contaminación por la falta de conocimientos de buenas prácticas en cuanto al uso del recurso agua. Sin embargo es preocupante el nivel de contaminación que causa el tipo de sustancia que se emplea en estos establecimientos.

Este proyecto se ha enfocado en la planta de tratamientos de agua residual del sector Chipoaló ya que trata la mayor cantidad de agua del cantón y recibe la mayor descarga de estos establecimientos (vehículos automotores y motocicletas).

El uso excesivo de detergentes no sólo se debe al incremento de establecimientos de vehículos automotores y motocicletas sino también por el uso doméstico. Los detergentes causan una contaminación al agua por los aditivos que contienen como los blanqueadores, abrillantadores ópticos, perfumes, bactericidas y agentes espumantes, que en su estructura contienen en mayor proporción tripolifosfato de sodio o llamado “sulfatos”.

El objetivo de esta investigación es diseñar un tratamiento biológico para la contaminación por tensoactivos de la Planta de Tratamiento de Agua Residual del cantón Salcedo- Chipoaló y así poder dar un cumplimiento a la normativa vigente.

OBJETIVOS

GENERAL

- Diseñar un tratamiento biológico para la contaminación por tensoactivos de la Planta de Tratamiento de Agua Residual del cantón Salcedo.

ESPECÍFICOS

- Caracterizar el agua que descarga la planta de tratamiento de agua residual.
- Proponer un sistema de tratamiento biológico para la contaminación por tensoactivos.
- Evaluar el tratamiento biológico propuesto para la contaminación por tensoactivos.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO

1.1. AGUA RESIDUAL

1.1.1. DEFINICIÓN

“Las aguas residuales pueden definirse como las aguas que provienen del sistema de abastecimiento de agua de una población, después de haber sido modificadas por diversos usos en actividades domésticas, industriales y comunitarias, siendo recogidas por la red de alcantarillado que las conducirá hacia un destino apropiado” (MARA, 1976).

Las Aguas Residuales cuando se descargan se las denomina “Vertidos” y éstos pueden clasificarse en función de:

- Su uso u origen,
- Su contenido.

1.1.2. CARACTERIZACIÓN DEL AGUA RESIDUAL

Las aguas residuales se caracterizan por su composición física, química y biológica, para su caracterización existen métodos de análisis cualitativos para características físicas y biológicas del agua, y métodos de análisis cuantitativo para características químicas del agua.

1.1.2.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

Existe una gran cantidad de características físicas del agua residual, las más importantes son:

- Color: un color entre beige claro a negro.
- Olor: por la presencia de sustancias producidas por la descomposición anaerobia de la materia orgánica.

- Temperatura: entre 15° y 20°C.
- Sólidos: presencia de material grueso, que puede estar dispuesto de diferentes formas.

1.1.2.2. CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS

Presencia de una gran variedad de organismos vivos de alta capacidad metabólica, y con gran potencial de descomposición y degradación de la materia orgánica e inorgánica.

“El componente orgánico de las aguas residuales es un medio de cultivo que permite el desarrollo de los microorganismos que cierran los ciclos biogeoquímicos de elementos como el carbono, el nitrógeno, el fósforo o el azufre.”¹

Los organismos que principalmente se encuentran en las aguas residuales urbanas son: algas, mohos, bacterias, virus, flagelados, ciliados, rotíferos, nemátodos, anélidos, larvas, etc.

1.1.2.3. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

Entre las características químicas del agua residual se tiene componentes orgánicos, inorgánicos y gaseosos.

Los compuestos inorgánicos son generalmente minerales, arcillas, lodos, arenas, gravas sulfatos, carbonatos, etc. que pueden sufrir alguna reacción.

Los componentes gaseosos contienen gases en diferentes concentraciones:

- Oxígeno disuelto: fundamental para la respiración de los organismos aerobios presentes en al agua residual.
- Ácido sulfhídrico: gas que se forma a partir de un medio anaerobio por la descomposición de sustancias orgánicas e inorgánicas que contienen azufre.

¹<http://www.centa.es/uploads/publicaciones/doc4f965da41fa7d.pdf>

- Anhídrido carbónico: se produce en las fermentaciones de los compuestos orgánicos de las aguas residuales.
- Metano: debido a la descomposición anaerobia de la materia orgánica.

Los compuestos orgánicos provienen de origen vegetal o animal y actualmente de compuestos orgánicos sintéticos.

- Las proteínas representa entre un 40 y el 60% de la materia orgánica del agua residual. La presencia de nitrógeno en el agua residual se da por la presencia de proteínas y úrea.
- Los hidratos de carbono representan entre un 25 y 50% de la materia orgánica. La celulosa es el hidrato de carbono más importante en el agua residual.
- Las proteínas, hidratos de carbono, grasas y aceites presentes en el agua residual se encuentran cantidades de moléculas orgánicas sintéticas, cuya estructura es simple o compleja. Entre estas moléculas orgánicas sintéticas, destacan precisamente los agentes tensoactivos.

1.2. AGENTES TENSOACTIVOS

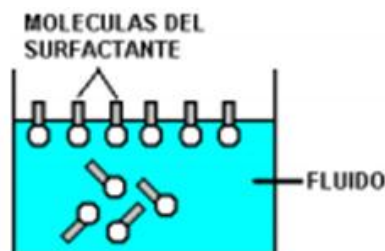
“Son sustancias complejas que se emplean para disminuir la tensión superficial entre la fase dispersa y la continua. Cuanto menor sea la tensión superficial entre las dos fases de una emulsión más fácil es la emulsificación.”²

Son sustancias que tienen características hidrofóbicas que repelen al solvente (no soluble en agua) y hidrofílicas que atraen el solvente (soluble en agua). Por lo que las moléculas del tensoactivo se alinean en la superficie y dentro del mismo, como se puede observar en la Figura 1. donde el conglomerado es denominado micela.

² Atkins, P.W. Physical Chemistry. Oxford University Press, Walton street. Oxford, Inglaterra 1983

Figura 1

Orientación de las moléculas de un tensoactivo en agua



La fase hidrofóbica por lo general es un hidrocarburo que contiene de 8 a 18 carbonos los mismos que pueden ser alifáticos, aromáticos o mezcla. La fase hidrofílica está constituida por grasas, aceites naturales, polímeros o alcoholes sintéticos con alto peso molecular.

1.2.1. PROPIEDADES DE UN AGENTE TENSOACTIVO

1.2.1.1. Detergencia:

“Capacidad de ciertos tensoactivos o mezcla de tensoactivos de eliminar la mugre de una superficie sólida. Para alcanzar este efecto la preparación tensoactivo debe combinar: humectación, dispersión, suspensión, solubilización y emulsificación. La espuma controlada actúa como lubricante y facilita la aplicación de solución limpiadora.”³

1.2.1.2. Espumantes

Si el agua contiene agentes tensoactivos disueltos o dispersos, al momento de agitarla el aire introducido en ella no saldrá fácilmente y da lugar a la formación de espuma.

³MORALES, Nelson, “Guía del textil en el acabado II”, 2da edición, Gráficas – Planeta, 1998, págs. 22, 23

1.2.1.3. Emulsificación

Ocurre cuando un líquido oleoso o insoluble se introduce en el agua, dando como resultado una mezcla estable de dos o más líquidos insolubles.

1.2.1.4. Dispersión

Se evidencia cuando se reducen las fuerzas de cohesión entre partículas, para la separación de agregados de partículas, la dispersión de sólidos en líquidos generalmente se hace con equipos mecánicos y/o con ayuda de agentes dispersantes que son tensoactivos usados para separar y conservar separados agregaciones de partículas.

1.2.1.5. Suspensión

Es la unión de partículas sólidas por una capa de moléculas tensoactivos orientadas uniformemente distribuidas en el medio.

1.2.2. CLASIFICACIÓN DE LOS AGENTES TENSOACTIVOS

La clasificación viene dada por la parte hidrofílica del tensoactivo, fundamentada en el poder de disociación del tensoactivo en presencia de un electrolito y de sus propiedades fisicoquímicas, pueden ser: iónicos o no iónicos.

1.2.2.1. TENSOACTIVO IÓNICO

Son tensoactivos que tienen una fuerte afinidad por el agua por la atracción electrostática hacia los dipolos del agua, donde su carga molecular es negativa. Dentro de los iónicos según la carga que posea la parte de la actividad de superficie, pueden ser: aniónicos, catiónicos y anfóteros.

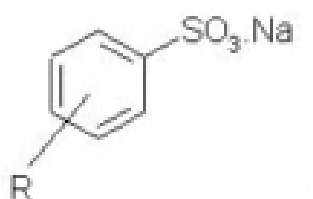
1.2.2.1.1. Tensoactivo Aniónico

Son tensoactivos aniónicos por tener en la molécula un grupo funcional cargado negativamente, sin embargo, para mantener la neutralidad eléctrica, éste está asociado a un catión (ion positivo).

“Como cada agente tensoactivo, los tensoactivos aniónicos están formados por una parte polar y una parte no polar. La parte no polar son grupos alquilo diferentes. El grupo polar es generalmente un grupo $-\text{COO}-$ (carboxilato)- SO_3- (sulfonato), SO_4^{2-} (sulfato) o PO_4^{3-} (fosfato).”⁴

Figura 2

Estructura del Dodecil Sulfato de Sodio



1.2.2.1.2. Tensoactivo Catiónico

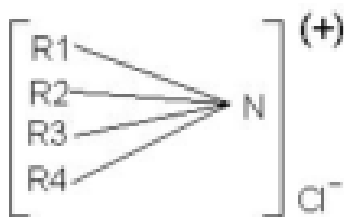
Son tensoactivos catiónicos por tener un grupo funcional en la molécula, cargado positivamente, para mantener la neutralidad eléctrica, éste está asociado a un anión (ion negativo). Por lo que están formados por una parte polar (grupo amino) y una apolar (grupos alquilos).

Los tensoactivos catiónicos en solución forman iones y tienen dos propiedades importantes: fácilmente absorbidos en las interfases sólido/líquido y pueden interactuar con las membranas celulares de los microorganismos.

⁴Brockhaus ABC Chemie, VEB F. A. Brockhaus Verlag Leipzig 1965, S. Pag. 503–504.

Figura 3

Estructura del Bromuro de Cetil Amonio

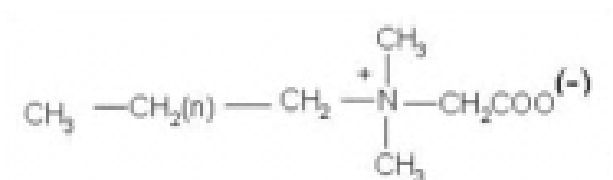


1.2.2.1.3. Tensoactivo Anfótero

Son tensoactivos que actúan dependiendo del medio en el que se encuentren, en medio básico son aniónicos (con carga negativa), en medio ácido son cationicos (con carga positiva) y en medios neutros tiene una forma intermedia híbrida.

Figura 4

Estructura del Alquil Dimetil Betaina



1.2.2.2. TENSOACTIVO NO IÓNICO

Son tensoactivos que en solución acuosa no se ionizan, por poseer grupos hidrófilos del tipo alcohol, fenol, éter o amida. Se solubilizan mediante un efecto combinado de un cierto número de grupos solubilizantes débiles. Una alta proporción de estos tensoactivos pueden ser hidrofílicos debido a la presencia de una cadena poliéter del tipo polióxido de etileno.

El grupo hidrofílico ejerce un efecto solubilizante y lleva a la molécula a disolución completa y el grupo hidrófobo debido a su insolubilidad contrarresta la tendencia del otro. Cuando existe un equilibrio se logra ver que la sustancia no se disuelve por completo. Su carga molecular es nula. El grupo hidrófobo es un radical alquilo o alquil benceno y a veces una estructura de origen natural como ácido graso.

1.3. EFECTOS DE LOS AGENTES TENSOACTIVOS EN EL AMBIENTE

Los principales factores que rigen el grado de un compuesto químico y que determinan su concentración potencial en el ambiente son:

- El tonelaje de producción del compuesto y el volumen vertido.
- Las vías de distribución y el vertido en el ambiente.
- La velocidad de eliminación del entorno ambiental.
- La dispersión y dilución del compuesto en el medio receptor.

Existe cuatro factores que determinan la concentración mínima para provocar efectos adversos, pero siempre se debe tomar en cuenta las características particulares del tensoactivo. Dichos factores son:

- Efectos que un compuesto químico tiene sobre las operaciones de los sistemas de tratamiento de aguas residuales.
- Toxicidad del compuesto químico respecto a los organismos existentes en un medio acuático.
- Toxicidad de dichos compuestos frente a organismos terrestres.
- Efectos especiales promovidos como consecuencia de la naturaleza del compuesto químico.

Los tensoactivos más usados son los de tipo aniónicos y los no iónicos por su uso doméstico. Por la importancia de su uso estos tensoactivos están siendo destinados a acabar con los vertidos. Es el peligro de estos compuestos. El mayor destino es al medio acuático y el receptor final el medio marino.

“La producción mundial de tensoactivos es de 7.5 millones de toneladas al año, y casi todo llega al medio acuático. Los aniónicos son mayoría con 6 millones de toneladas al año.”⁵

La toxicidad del tensoactivo está relacionada directamente con sus propiedades superficiales, propiedades tensoactivas, de ahí que disminuya mucho la toxicidad en la biodegradación primaria.

Afectan al flujo de oxígeno que se produce a través del epitelio branquial. El intercambio de oxígeno se produce en una superficie, y los tensoactivos por su efecto superficial perjudica esta acción.

Los tensoactivos son potentes agentes bioquímicos que afectan a las lipoproteínas, rompiendo los enlaces, extrayendo los lípidos. Los principales problemas que genera el uso de agentes tensoactivos son:

- Sustancias tóxicas, los tensoactivos catiónicos son más tóxicos que los no iónicos y estos más tóxicos que los aniónicos.
- Son sustancias orgánicas que consumen oxígeno y causan anoxia.
- Los detergentes tienen otros compuestos aparte de los tensoactivos que pueden causar eutrofización.
- Los tensoactivos promueven la espuma para aumentar la superficie por lo que provoca daño en las plantas depuradoras y en los ríos.

⁵ http://issuu.com/rsalonso/docs/revista_electr__nica_pdf_qu__mica

- Los tensoactivos suelen adsorberse a los sólidos y quedan retenidos en el suelo, provocando muy pocas veces contaminación en aguas subterráneas.
- Tiene efectos sobre la coagulación y sedimentación, las inhiben en plantas de depuración.

1.3.1. Problemas ocasionados por los agentes tensoactivos en la Planta de Tratamientos de Aguas Residuales

1.3.1.1. Espuma

El agente tensoactivo como un componente en las aguas residuales provoca un problema en el funcionamiento de las plantas de tratamiento de aguas residuales, principalmente afecta a la sedimentación ya que engloba partículas provocando una operación lenta, dificulta la dilución del oxígeno en el agua y recubre las superficies del trabajo con sedimentos que contiene altas concentraciones de grasas y lodos.

1.3.1.2. Eutrofización

Es un proceso de envejecimiento natural de agua estancada o de corriente lenta con exceso de nutrientes y que almacena en el fondo materia vegetal en descomposición. Los nutrientes que tiene un tensoactivo hace que este proceso se acelere e impide el libre intercambio de oxígeno y CO₂.

Si un detergente presenta fosfatos contribuye a la sobrepoblación de flora acuática, las que al morir por acción degradativa de microorganismos produce una mayor demanda de oxígeno.

1.3.1.3. Biodegradabilidad

Es un proceso realizado por las bacterias presentes en la naturaleza ya que pueden metabolizar un compuesto químico y convertirlo en un compuesto menos complejo por una serie de reacciones enzimáticas.

En presencia de oxígeno los productos finales obtenidos son dióxido de carbono, agua y óxidos de otros elementos.

Si un producto no sufre una biodegradación natural entonces persiste estable en el ambiente. Los tensoactivos derivados del petróleo han sido probablemente estudiados con más detalle que otros productos químicos de origen natural.

1.3.1.4. Toxicidad

Los tensoactivos aniónicos, los derivados del alcohol láurico son menos tóxicos que los compuestos a base de alquilarilos.

Entre los tensoactivos no iónicos los menos tóxicos son los ésteres oxietilénicos, los ácidos oleicos y los condensados mixtos de óxido de propileno y óxido de etileno. Éteres y aminas grasas son tóxicas y a unas concentraciones susceptibles de encontrarse en el medio natural.

1.4. TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL

Un sistema de tratamiento de agua residual es una serie de procesos que dependen de las características del agua residual a tratar, del grado de purificación requerido por la normativa vigente, del lugar de descarga y del cuerpo receptor. La secuencia de procesos consiste fundamentalmente en una serie de tratamientos denominados tratamiento previo, primario, secundario y, eventualmente, terciario y cuaternario,

Los tratamientos previo y primario preparan el vertido para tratamientos posteriores, consisten en eliminar por medio de métodos físicos, sólidos que puedan interferir en el funcionamiento de los otros procesos.

Los más usados son los decantadores, sedimentadores primarios, tamices, desgrasadores y tanques de estabilización, eliminan sólidos inorgánicos de las aguas residuales y gran

parte de la materia orgánica. También se pueden incluir dentro de esta clasificación procesos químicos de coagulación y floculación.

Los tratamientos secundarios contienen procesos biológicos y químicos. Los procesos biológicos pueden ser lodos activados, sistemas de lecho fluidizado, lagunas aireadas, tratamientos anaerobios, tratamientos de percolación como los filtros biológicos, humedales, entre otros.

Los tratamientos terciarios y cuaternarios son procesos de refinamiento, son utilizados en caso de necesidad e incluyen tratamientos como filtración, lagunaje, desinfección con cloro u ozono, precipitación química de fósforo con sales de hierro, etc.

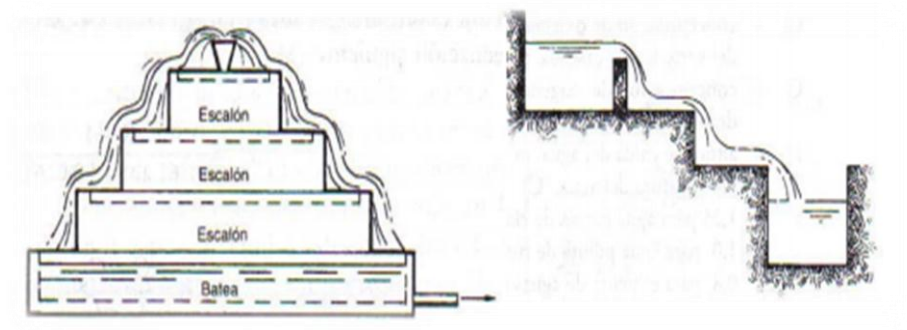
La planta de tratamientos de agua residual del cantón Salcedo sector Chipoaló está formado por cuatro procesos que ayudan a tratar el agua:

1.4.1. Aireación de cascadas

Es un tipo de aireación de gravedad que busca la transferencia de oxígeno, donde se logra el aumento del contenido de oxígeno, la reducción de CO_2 y la remoción del metano, cloro, amoníaco, sulfuro de hidrógeno y otros compuestos orgánicos volátiles responsables del olor. El agua se deja caer sobre uno o más escalones de concreto, su diseño es muy similar a una escalera, entre más grande es el área horizontal más completa es la aireación. La aireación se da al momento de la salpicadura.

Figura 5

Aireación de Cascada



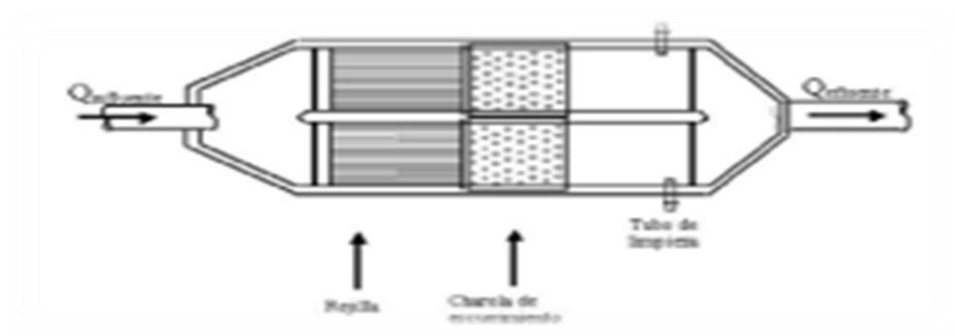
Fuente: Allende 2001

1.4.2. Rejillas

Es un proceso para retener todo el material flotante que viene con el vertido, se lo realiza por medio de rejillas de barra que usualmente tiene aperturas entre barras de 15 mm o mayores. Las rejillas suelen dividirse de acuerdo a su forma de limpieza, se tiene de tipo manual y mecánico.

Figura6

Rejillas



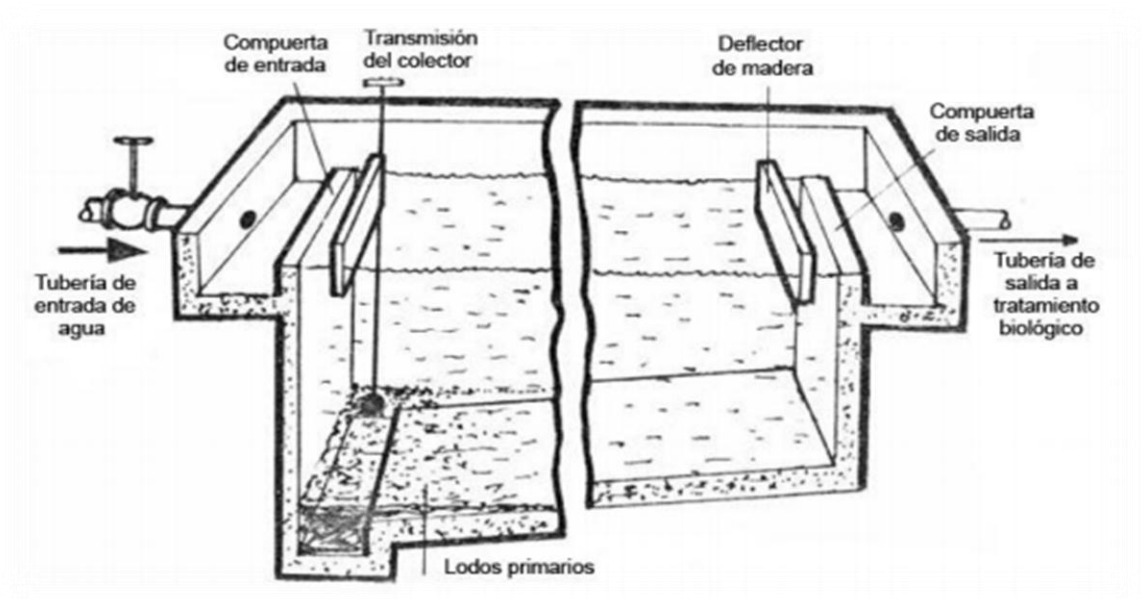
Fuente: Allende 2001

1.4.3. Tanque imhoff

Este proceso se fundamenta en que siempre un líquido contiene sólidos en suspensión que están en estado de reposo, los sólidos de peso específico superior al del líquido tenderán a depositarse en el fondo, y los de menor peso específico a ascender, por lo que su función es eliminar sólidos sedimentables que sean capaces de formar depósitos de fango en las aguas receptoras, aceites, grasas y parte de la carga orgánica. Un tanque Imhoff dimensionado y operado eficientemente puede eliminar entre el 50 y 70% de sólidos suspendidos y entre el 25 y 40% de DBO₅.

Figura 7

Tanque Imhoff Rectangular



Fuente: Horan, 2003

1.4.4. Pantano artificial

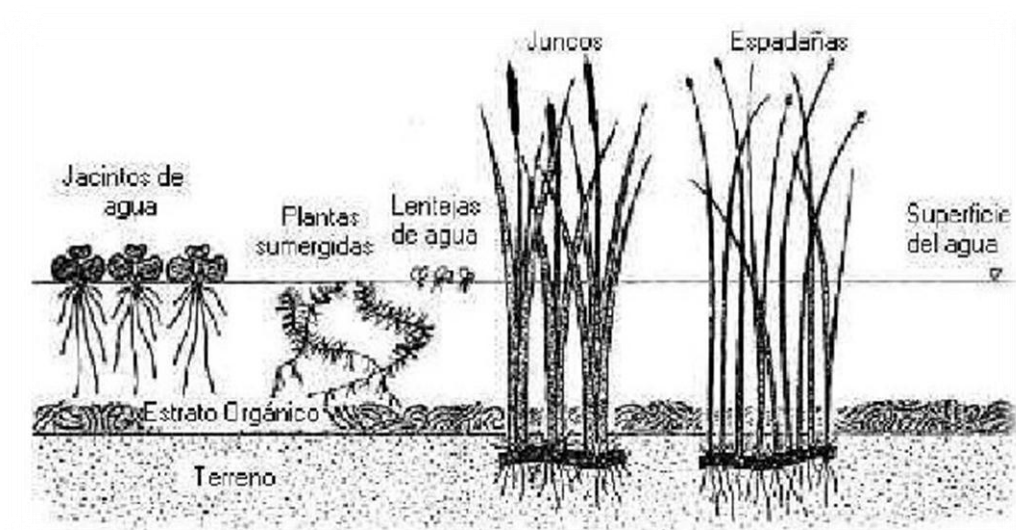
Los pantanos o humedales son áreas saturadas por aguas subterráneas o superficiales que se encuentran llenas de agua con plantas emergentes como espadañas, carrizos, juncos y eneas con profundidades de 60cm, la vegetación proporciona superficies para la formación de películas bacterianas, facilita la filtración y la adsorción de los constituyentes del agua residual, permite la transferencia de oxígeno a la columna de agua y controla el crecimiento de algas al limitar la penetración de luz solar, lo que permite aprovechar las interacciones con los microorganismos y la atmósfera para remover la materia orgánica.

Los humedales tienen tres funciones básicas para el tratamiento de aguas residuales:

- Fijar físicamente los contaminantes en la superficie del suelo y la materia orgánica.
- Utilizar y transformar los elementos por intermedio de los microorganismos.
- Lograr niveles de tratamiento consistentes con un bajo consumo de energía y bajo mantenimiento.

Figura 8

Plantas de un Pantano Artificial



Fuente: METCALF & EDDY

1.5. OXIDACIÓN AVANZADA

La oxidación avanzada es un proceso que involucra la generación de especies altamente oxidantes con la facilidad de reaccionar rápidamente y degradar fácilmente sustancias orgánicas, debido a su viabilidad termodinámica por lo que su oxidación va aumentando conforme se forman radicales libres. El radical Hidroxilo ($\text{HO}\cdot$) es una de las especies más oxidantes que se logran formar dentro de estas reacciones.

Tienen la capacidad de oxidar contaminantes orgánicos mediante la extracción de hidrógeno o mediante la adición electrofílica a los dobles enlaces presentes para así formar radicales libres para que reaccionen con moléculas de oxígeno formando peroxiradicales y formar una serie de reacciones oxidantes que produzcan la completa

mineralización del contaminante orgánico que se desee degradar. Este proceso ataca directamente la estructura química del contaminante. Otros procesos como las tecnologías de absorción o extracción sencillamente transportan el contaminante hacia otros medios sin resolver el problema en sí.

Los oxidantes más usados en la oxidación avanzada son cloro, dióxido de cloro, ácido peracético, peróxido de hidrógeno, permanganatos y ozono, ya que presentan características de desinfección de patógenos o la oxidación de contaminantes.

“Los procesos avanzados de oxidación pueden dividirse en dos: los fotoquímicos y los no-fotoquímicos. En la tabla I se presentan los diferentes procesos avanzados de oxidación tanto fotoquímicos como no-fotoquímicos”⁶

Tabla I
Procesos de Oxidación Avanzada

No Fotoquímicos	Fotoquímicos
Ozonación alcalino media	Reacción Foto-Fenton
O_3/H_2O_2	Fotocatálisis heterogénea
Reacción Fenton	UV/ H_2O_2
Oxidación electroquímica	UV/ O_3
Cavitación hidrodinámica/ ultrasónica	

Fuente: DOMÉNECH X., JARDINM W., LITTER M., (2001)

Los procesos de oxidación avanzada puede ser una etapa previa para el tratamiento biológico, para poder aumentar la biodegradabilidad de las aguas residuales, siempre y

⁶DOMÉNECH X., JARDINM W., LITTER M., (2001). Procesos avanzados de oxidación para la eliminación de contaminantes.

cuando se generen compuestos intermedios que sean degradables por el tratamiento biológico que se vaya a realizar.

1.5.1. Ventajas de la oxidación avanzada

- Transforman químicamente al contaminante.
- No se forman subproductos de reacción o en casos en una baja concentración.
- Se puede lograr la mineralización completa del contaminante.
- Son ideales para disminuir la concentración de compuestos formados por pre-tratamientos alternativos, como la desinfección.
- Mejoran las propiedades organolépticas del agua tratada.
- Consumen menos energía que otros métodos (por ejemplo, la incineración).
- Eliminan efectos sobre la salud de desinfectantes y oxidantes residuales como el cloro.

De los procesos mencionados, es de particular interés la Reacción Fenton ya que se ha comprobado que es bastante eficiente en la degradación de tensoactivos.

1.6. REACCIÓN FENTON

La reacción de Fenton se produce al catalizar el peróxido de hidrógeno con metales de transición, usado mas habitualmente el hierro, dando como resultado la generación de radicales altamente reactivos del hidroxilo ($\text{OH}\cdot$).

“La reactividad de este sistema fue observado por primera vez en 1930 por su creador H.J.H. Fenton, pero su utilidad no fue reconocida hasta 1984 donde fue propuesto un mecanismo basado en el radical hidroxilo. El radical hidroxilo es el segundo compuesto con mayor potencial de oxidación después del flúor. Este radical libre es

extremadamente reactivo y se forma por la descomposición catalítica del peróxido de hidrógeno en un medio ácido.”⁷

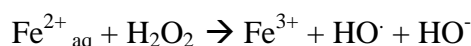
1.6.1. Mecanismo General

La Reacción Fenton se fundamenta en agregar al efluente una cantidad determinada de peróxido de hidrógeno y de ión ferroso, el cual se puede obtener de distintas sales. Se puede dividir en dos etapas de producción de radicales hidroxilo.

La primera se denomina $\text{Fe}^{+2}/\text{H}_2\text{O}_2$, la cual es rápida, y la segunda se denomina $\text{Fe}^{+3}/\text{H}_2\text{O}_2$, donde la oxidación es más lenta que la primera.

La reacción viene expresada de la forma:

Reacción 1



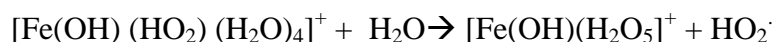
La reducción de Fe^{3+} a Fe^{2+} por medio del H_2O_2 durante la reacción térmica de Fenton se realiza en tres fases consecutivas (Bossmann y col., 1998): El primer paso se da la formación de un complejo hidratado de hierro (III) y peróxido de hidrógeno.

Reacción 2



En seguida se da una reacción de transferencia de electrones en las capas internas de la esfera de coordinación del complejo de hierro (III) y peróxido de hidrógeno.

Reacción 3



En el paso final, la reacción de transferencia de electrones en las capas externas en la esfera de coordinación del complejo hidratado de hierro (III), es reducido a $\text{Fe}(\text{II})$.

⁷ CHAMARRO E. MARCO A., ESPLUGAS S. (2001). Use of Fenton reagent to improve organic chemical biodegradability. Pag. 35, 1047-1049.

Reacción 4



La reacción 4 es irreversible por lo que la secuencia de reacción se desplaza a su lado derecho para favorecer así la reducción de $\text{Fe}^{3+}_{\text{aq}}$ a $\text{Fe}^{2+}_{\text{aq}}$ y la respectiva oxidación H_2O_2 a O_2 .

1.6.2. Peróxido de Hidrógeno

El peróxido de hidrógeno es un ácido débil, incoloro y miscible en agua en todas proporciones, con un pKa igual a 11,5. Está constituido por cuatro átomos que conforman una estructura apolar (Melo et al., 2001). Su peso molecular es de 34,01 [g/mol] con una densidad de 1,11[kg/L].

En la reacción Fenton, al aumentar la concentración de peróxido de hidrógeno se incrementa la producción de radicales hidroxilo, los que reaccionan consecutivamente con el contaminante orgánico para degradarlo.

1.6.3. Hierro

El Hierro es un elemento metálico, muy buen agente reductor y, dependiendo de las condiciones, puede oxidarse al estado +2 +3 o +6. Casi siempre el hierro está presente como ión ferroso o el ión férrico, como una unidad distinta.

Frecuentemente los compuestos ferrosos son de color amarillo claro hasta café verdoso oscuro; el ión hidratado $\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})^{6+2}$, que se encuentra en muchos compuestos y en solución es verde claro. Este ión presenta poca tendencia a formar complejos de coordinación, a excepción de reactivos fuertes, como el ión cianuro, las poliaminas y las porfirinas.

1.6.4. Uso de la Reacción Fenton en tratamiento de Aguas Residuales

Su uso práctico está en el tratamiento de contaminantes del tipo de los fenoles, el formaldehído, el BTEX, los pesticidas, entre otros, aunque en la actualidad se estudia su aplicación en diversos procesos industriales y la influencia de la reacción en algunas patologías.

En la actualidad es una reacción muy poco usada en el país, pero es una opción para depurar aguas residuales que contengan agentes tensoactivos poco biodegradables. Las reacciones que generan radicales libres hidroxilo en soluciones de temperaturas bajas son empleados para la descomposición de compuestos orgánicos tóxicos en aguas residuales.

Kuo, 1992; Lín y Lo, 1997 han realizado estudios sobre la decoloración de aguas residuales mediante la reacción Fenton logrando remociones por arriba del 90% de materia orgánica y un 95% de decoloración del agua.

Lin y Col. 1999, estudiaron la degradación de agentes tensoactivos aniónicos y catiónicos por medio de la reacción Fenton y obtuvieron resultados del 95% del producto inicial en un tiempo de 50min.

1.7. COAGULACIÓN – FLOCULACIÓN

Es el proceso en donde se añade compuestos químicos al agua para reducir las fuerzas que separan a los sólidos suspendidos menores a 10 μm , para que formen aglomerados que sean retirados del agua por medio de sedimentación.

1.7.1. Coagulación

Las fuerzas que existen entre partículas, responsables de la estabilidad de los coloides son reducidas y hasta anuladas por la adición de reactivos apropiados; lo que provoca una desestabilización de los coloides por neutralización de sus cargas, dando lugar a la

formación de un flóculo o precipitado. Se realiza por medio de un mezclado rápido para dispersar el coagulante y favorecer su contacto con las partículas en suspensión.

Los contaminantes que son eliminados son aquellos que poseen un alto peso molecular, es decir, se eliminan sólidos suspendidos, color aparente, material coloidal. La coagulación de las partículas coloidales se realiza añadiendo al agua un producto químico (electrolito) llamado coagulante. Habitualmente se utilizan las sales de hierro(cloruro férrico) y aluminio.

Existen tres mecanismos para que se de este proceso:

- Neutralización de la carga del coloidal
- La solubilización del electrolito en agua libera iones positivos con la densidad de carga para atraer a las partículas coloidales y neutralizar su carga.
- Inmersión en un precipitado o flóculo de barrido.

Los coagulantes en presencia de agua forman productos de baja solubilidad que precipitan. Las partículas coloidales sirven como núcleo de precipitación permaneciendo inmersas dentro del precipitado.

Los factores que influyen en el proceso de coagulación:

- pH: debe existir un intervalo de pH en el que un coagulante específico trabaja mejor, que coincide con el mínimo de solubilidad de los iones metálicos del coagulante utilizado.
- Agitación rápida de la mezcla: es necesario que la neutralización de los coloides se dé antes de que se forme el flóculo. El tiempo de coagulación es de aproximadamente un segundo.
- Tipo y cantidad de coagulante.

- Temperatura: La variación de 1°C en la temperatura del agua conduce a la formación de corrientes de densidad, por lo que la coagulación se hace más lenta; temperaturas muy elevadas desfavorecen igualmente a la coagulación.

1.7.1.1. Coagulantes

“Los reactivos son productos químicos que al adicionar al agua son capaces de producir una reacción química con los componentes químicos del agua, especialmente con la alcalinidad del agua para formar un precipitado voluminoso, muy absorbente, constituido generalmente por el hidróxido metálico del coagulante que se está utilizando.”⁸

Los principales reactivos utilizados para desestabilizar las partículas y producir el flóculo son :

- Sulfato de Aluminio.
- Aluminato de Sodio.
- Cloruro de Aluminio.
- Cloruro Férrico.
- Sulfato Férrico.
- Sulfato Ferroso.
- Polielectrolitos (Como ayudantes de floculación).

Las sales de Aluminio y Hierro son los más usados ya que al ser adicionados al agua producen una serie de reacciones muy complejas donde los productos de hidrólisis, los que son más eficaces que los iones mismos; estas sales reaccionan con la alcalinidad del

8

<http://www.frm.utn.edu.ar/archivos/civil/Sanitaria/Coagulaci%C3%B3n%20y%20Floculaci%C3%B3n%20del%20Agua%20Potable.pdf>

agua y producen los hidróxidos de aluminio o hierro que son insolubles y forman los precipitados.

1.7.1.2. Tipos de Coagulación

Existen dos tipos básicos de coagulación:

1.7.1.2.1. Coagulación Por Adsorción

Cuando el agua presenta una alta concentración de partículas en estado coloidal; cuando el coagulante es añadido al agua turbia los productos solubles de los coagulantes son absorbidas por los coloides y forman los flóculos en forma casi instantánea.

1.7.1.2.2. Coagulación por Barrido

Cuando el agua es clara, por lo tanto presenta baja turbiedad y su cantidad de partículas coloides es pequeña; las partículas son entrampadas al producirse una sobresaturación de precipitado de sulfato de aluminio.

1.7.2. Floculación

La floculación es el proceso que continúa a la coagulación, consiste en la agitación de la masa coagulada que sirve para permitir el crecimiento y aglomeración de los flóculos recién formados con el propósito de aumentar el tamaño y peso necesarios para sedimentar con facilidad.

Los flóculos inicialmente pequeños, crean al juntarse aglomerados mayores que son capaces de sedimentar. Se realiza una mezcla lenta para promover la formación y el aumento de tamaño de los flóculos lo que permite juntar poco a poco los flóculos; un mezclado demasiado intenso los rompe y ocasionalmente se vuelven a formar en su tamaño y fuerza óptimos.

La floculación no sólo incrementa el tamaño de las partículas del flóculo, sino que también aumenta su peso.

“Los parámetros que caracterizan la floculación son los siguientes:

- Floculación Ortocinética
- Gradiente de Velocidad (energía necesaria para producir la mezcla).
- Número de colisiones (choque entre microflóculos).
- Tiempo de retención (tiempo que permanece el agua en la unidad de floculación).
- Densidad y tamaño de floc.
- Volumen de lodos (los flóculos formados no deben sedimentar en las unidades de floculación).”⁹

1.7.2.1. Floculantes

Son polímeros o polielectrolitos con pesos moleculares elevados, moléculas orgánicas solubles en agua formadas por bloques denominados monómeros, repetidos en cadenas larga. Estos floculantes pueden ser de naturaleza mineral, orgánico natural y orgánico de síntesis.

- Floculantes Minerales.- tenemos la sílice activada (silicato de sodio tratado con ácido sulfúrico), sulfato de aluminio, dióxido de carbono o cloro.
- Floculantes Orgánicos Naturales.- polímeros naturales extraídos de sustancias animales o vegetales.
- Floculantes Orgánicos de Síntesis.- son macromoléculas de una gran cadena, obtenidos por asociación de monómeros sintéticos con masa molecular elevada de 106 a 107 g/mol.

⁹<http://www.frm.utn.edu.ar/archivos/civil/Sanitaria/Coagulaci%C3%B3n%20y%20Floculaci%C3%B3n%20del%20Agua%20Potable.pdf>

1.7.2.2. Tipos de Flocculación

1.7.2.2.1. Flocculación Pericinetica

Se da por el movimiento natural de las moléculas del agua y está inducida por la energía térmica, este movimiento es conocido como el movimiento browniano.

1.7.2.2.2. Flocculación Ortocinetica

Se fundamenta en las colisiones de las partículas ocasionado por el movimiento del agua, el que es inducido por una energía exterior a la masa de agua y que puede ser de origen mecánico o hidráulico.

1.8. MICROORGANISMOS PARA TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Algunos microorganismos pueden ser dañinos, otros pueden ser significativos en la descomposición de contaminantes. Por lo que su estudio y conocimiento es de gran importancia, por su estrecha relación con la salud pública y su rol dentro de los procesos de tratamiento de aguas superficiales y residuales.

1.8.1. Bacterias.

Las bacterias son un sistema de vida más simple, están entre los microorganismos más comunes en el agua. Las bacterias son primitivas, procariotas, unicelulares, no poseen un núcleo bien definido, se reproducen por fisión binaria y muestran una variedad de formas y de alimentación.

Las bacterias contienen aproximadamente 85% de agua y 15% de polvo o materia mineral. El polvo está compuesto fundamentalmente de S, K, Na, Ca y cloruros, con pequeñas cantidades de hierro, silicón y magnesio. Las bacterias se clasifican en base a su forma, en tres grupos (tabla II).

Tabla II

Formas de Bacterias

NOMBRE TÉCNICO			
Forma	Singular	Plural	Ejemplo
Esférica	Coccus	Cocci	<u><i>Streptococcus</i></u>
Bastón	Bacillus	Bacilli	<u><i>BacillusTyphosis</i></u>
Curva o espiral	Spirillum	Spirilla	<u><i>Spirillum cholera</i></u>

FUENTE: SPELLMAN, F.R., Microbiology for Waste Wastewater Operators (revised Ed.). Technomic Public. Lancaster, PA. 2000.

“La materia vegetal y animal que entra en el agua suministra la fuente de alimento. El alimento de las bacterias debe ser orgánico para ser transformado a energía y la usan para sustentarse y multiplicarse. Algunas bacterias pueden usar materia inorgánica como fuente de energía para existir e incluso multiplicarse cuando no hay disponible materia orgánica.”¹⁰

1.8.1.1. Factores de crecimiento bacteriano.

Existen factores que afectan la tasa de crecimiento bacterial, incluyendo temperatura, pH, y los niveles de oxígeno. La tasa de crecimiento aumenta con la temperatura, por cada incremento de 10°C la tasa de crecimiento se duplica, pero las temperaturas extremas pueden ocasionar su muerte.

Las bacterias crecen en mejores condiciones cuando estan presentes a pH neutro. Las bacterias pueden ser aerobias, anaerobias, o facultativas, se reproducen por fisión binaria. Bajo condiciones óptimas las bacterias pueden duplicar su número cada (20 o 30) minutos.

¹⁰SPELLMAN, F.R., Microbiology for Waste Wastewater Operators (revised Ed.). Technomic Public. Lancaster, PA. 2000.

1.8.1.2. Destrucción de bacterias

La destrucción de bacterias se la denomina desinfección, pero esto no quiere decir que todas las formas microbianas son eliminadas. La destrucción total de toda forma microbiana se llama esterilización. La desinfección reduce el número de enfermedades causadas por las mismas. Las bacterias jóvenes son fáciles de controlar por desinfección. Sin embargo, algunas bacterias (formas de esporas) son difíciles de destruir, ya que es difícil para la desinfección penetrar el material de la cáscara protectora de las esporas.

1.8.2. Protozoos.

Los protozoos son organismos eucariotas, heterótrofos, no fotosintéticos, quimioheterotróficos, del reino Protista. Su cuerpo está compuesto por una sola célula o por una colonia de células iguales entre sí.

Son mucho más grandes que las bacterias, están presentes de forma solitaria o en colonias, se alimentan de bacterias, desechos de otros organismos, algas y protozoos. Se movilizan usando flagelos, cilios, o por movimientos ameboides.

Son principalmente aerobios o facultativos en cuanto a oxígeno, los materiales tóxicos, el pH y la temperatura afectan su tasa de crecimiento. La mayoría de su ciclo de vida alterna entre una fase de crecimiento activo y una fase de inactividad (quistes). Consiguen su alimento por absorción o fagocitosis, se reproducen de forma asexual o sexual. Su reproducción asexual se efectúa por fisión binaria o múltiple.

Los protozoos son críticos en el proceso de purificación y se usan para indicar la condición de los procesos del tratamiento. Los protozoos asociados con aguas residuales son amebas, flagelos y ciliados.

1.8.3. Crustáceos microscópicos

Son parte importante del zooplancton de las aguas frescas, por lo que son de gran interés en el tratamiento de aguas. Tienen una estructura de cáscara rígida, son multicelulares, estrictamente aerobios, se alimentan de bacterias y algas, son una fuente importante de alimento para los peces. Han sido usados para clarificar efluentes en estanques de oxidación saturados de algas.

1.8.4. Los virus

Los virus son parásitos intracelulares submicroscópicos, forman los materiales infecciosos vivientes más pequeños conocidos. Los virus consisten de una molécula central de material genético rodeado por una cáscara de proteína y a veces por una segunda capa llamada envoltente. No tienen mecanismos con los cuales obtener por si mismos energía o reproducirse, necesitan de un anfitrión para vivir. Los virus son difíciles de destruir por prácticas de desinfección normales. Ellos requieren el incremento de la concentración de desinfectante y del tiempo del contacto para una destrucción eficaz .

1.8.5. Las algas

Las algas son organismos heterogéneos, son una forma de planta acuática, tienen muchas formas y tamaños y se las clasifica por su color. Aunque no son patogénicas, las algas provocan problemas en los procesos de tratamiento de aguas por su facilidad de crecimiento en las paredes y pisos de estanques, canales, sumideros, lagunas, etc.; provocando que se tapen las succiones, filtros y rejillas. Por otra parte, algunas algas liberan químicos que producen sabores y olores indeseables. Pueden crecer en agua fresca, contaminada o salada. Son capaces de usar la energía del sol mediante el proceso

de fotosíntesis, normalmente crecen casi en la superficie del agua, pues la luz no puede penetrar muy lejos a través del agua.

“Las algas son favorables en estanques de oxidación, cuando producen oxígeno y mantienen las condiciones aerobias. Sin embargo, la presencia de nitrógeno orgánico y fósforo en el agua contribuyen al crecimiento desenfrenado de algas (eutrofización), lo cual produce el agotamiento de oxígeno en las zonas profundas, dando al agua un sabor y olor desagradables.”¹¹

La presencia de algas en aguas crudas, puede controlarse con cloro y permanganato de potasio. Las algas que florecen en reservorios se controlan con sulfato de cobre. Las algas juegan un papel importante en el equilibrio de naturaleza, produciendo oxígeno.

1.8.6. Hongos

Los hongos son un grupo diverso de organismos unicelulares o pluricelulares, autótrofos, eucariotas, fotosintéticos, que a diferencia de las plantas y animales, se alimentan por la absorción directa de nutrientes que obtienen mediante la degradación de moléculas del medio.

Son de menor importancia en operaciones de tratamiento de aguas (salvo en compostaje de biosólidos, donde son críticos). Junto con las bacterias se alimentan de material orgánico y son los causantes de la putrefacción y descomposición de la materia orgánica.

1.8.7. Nemátodos y gusanos planos (gusanos)

Los gusanos son microscópicos, su longitud varía de (0.5 a 3) mm y su diámetro de (0.01 a 0.05) mm, ingresan en los sistemas de tratamiento especialmente adheridos a

¹¹SPELLMAN, F.R., Microbiology for Waste Wastewater Operators (revised Ed.). Technomic Public. Lancaster, PA. 2000.

tierras a través de influjo o infiltración. Son aerobios y están presentes donde metabolizan materia orgánica sólida. Una vez que los nemátodos se establecen en los procesos de tratamiento, pueden promover la actividad microfloral y la descomposición. Eliminan bacterias en sistemas de lodos activados y de filtros percoladores, su actividad en estos sistemas refuerza la penetración de oxígeno, por socavación de partículas floculentas y biofilm.

Se encuentran en lodos orgánicos o en limos biológicos. En tratamientos de aguas residuales se los encuentra en lodos activados y filtros percoladores. En lodos activados se encuentran en pequeñas cantidades debido a que el ambiente licuado no es un hábitat conveniente para arrastrarse, actúan como agentes de una mejor difusión de oxígeno, al socavar partículas floculentas. También sirven como parámetros de las condiciones operacionales del proceso.

Los filtros percoladores son beneficiosos para el hábitat, pues rompen porciones sueltas de limo biológico que cubre la cama del filtro, lo cual reviene el crecimiento excesivo de limo y el taponamiento del filtro, también ayudan a que el limo se mantenga poroso, permitiendo el ingreso de oxígeno al filtro.

Los nemátodos son afectados por las condiciones ambientales. Las condiciones anóxicas afectan su natación y crecimiento. Las fluctuaciones de temperatura afectan directamente su crecimiento y supervivencia. Sirven como indicadores de la variación de la crudeza y composición del agua residual, su inactividad o languidez podrían indicar un bajo nivel de OD (oxígeno disuelto) o la presencia de desechos tóxicos.

1.8.8. Protozoos y helmintos patógenos

Algunos protozoos pueden causar enfermedades. La contaminación de alcantarillado transporta huevos, quistes, y ooquistes de protozoos parasitarios y helmintos hacia los suministros de agua.

El tratamiento de aguas es el medio adecuado con el cual disminuir y evitar el peligro de contaminación. Los helmintos son gusanos parasitarios que crecen y multiplican en el alcantarillado, limos biológicos, tierra húmeda y en plantas de tratamiento de aguas residuales. Son estrictamente aerobios, se los puede encontrar en lodos activados y particularmente en filtros percoladores, aparece en grandes concentraciones en desperdicios líquidos domésticos.

1.9. NORMATIVA APLICABLE

1.9.1. NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES: RECURSO AGUA

“La presente norma técnica ambiental es dictada bajo el amparo de la Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental y se somete a las disposiciones de éstos, es de aplicación obligatoria y rige en todo el territorio nacional.”¹²

“Toda descarga a un cuerpo de agua dulce, deberá cumplir con los valores establecidos a continuación.”

¹² ANEXO 1 DEL LIBRO VI. Tabla 12 Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio de Ambiente.

Tabla III

LÍMITES DE DESCARGA A UN CUERPO DE AGUA DULCE.

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y Grasas.	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3
Alkil mercurio		mg/l	No detectable
Aldehídos		mg/l	2,0
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Bario	Ba	mg/l	2,0
Boro total	B	mg/l	2,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro total	CN ⁻	mg/l	0,1
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cloroformo	Extracto carbón cloroformo ECC	mg/l	0,1
Cloruros	Cl ⁻	mg/l	1 000
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Cobalto	Co	mg/l	0,5
Coliformes Fecales	Nmp/100 ml		¹³ Remoción > al 99,9 %
Color real	Color real	unidades de color	* Inapreciable en dilución: 1/20
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0,2
Cromo hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	D.B.O ₅ .	mg/l	100
Demanda Química de Oxígeno	D.Q.O.	mg/l	250
Dicloroetileno	Dicloroetileno	mg/l	1,0
Estaño	Sn	mg/l	5,0
Fluoruros	F	mg/l	5,0
Fósforo Total	P	mg/l	10
Hierro total	Fe	mg/l	10,0
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20,0
Manganeso total	Mn	mg/l	2,0
Materia flotante	Visibles		Ausencia
Mercurio total	Hg	mg/l	0,005

(Continúa)

¹³ Aquellos regulados con descargas de coliformes fecales menores o iguales a 3 000, quedan exentos de tratamiento.

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Nitratos + Nitritos	Expresado como Nitrógeno (N)	mg/l	10,0
Nitrógeno Total	N	mg/l	15
Kjedahl			
Organoclorados totales	Concentración de organoclorados totales	mg/l	0,05
Organofosforados totales	Concentración de organofosforados totales.	mg/l	0,1
Plata	Ag	mg/l	0,1
Plomo	Pb	mg/l	0,2
Potencial de hidrógeno	pH		5-9
Selenio	Se	mg/l	0,1
Sólidos Sedimentables		ml/l	1,0
Sólidos Suspendidos		mg/l	100
Totales			
Sólidos totales		mg/l	1 600
Sulfatos	$\text{SO}_4^{=}$	mg/l	1000
Sulfitos	SO_3	mg/l	2,0
Sulfuros	S	mg/l	0,5
Temperatura	°C		< 35
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1,0
Tricloroetileno	Tricloroetileno	mg/l	1,0
Vanadio		mg/l	5,0
Zinc	Zn	mg/l	5,0

*La apreciación del color se estima sobre 10 cm de muestra diluida

FUENTE: TULSMA. Libro VI. Anexo I

CAPÍTULO II

2. PARTE EXPERIMENTAL

2.1. MUESTREO

2.1.1. Caracterización del Agua

El muestreo se realizó en el mes de marzo, tomando como volumen 1 litro del agua en las entradas de cada proceso, es decir, en la entrada de la planta, las rejillas, los tanques, los pantanos y finalmente a la salida al río; donde se colocaron en botellas de plástico y de vidrio ámbar.

2.1.2. Toma de muestras en cada prueba

Cada prueba se realiza para verificar la eficacia del procedimiento, se analiza el agua, para comprobar se recoge un litro del agua tratada envasada en una botella de plástico para su posterior análisis en el Laboratorio de Química Ambiental de la Universidad Central del Ecuador.

2.2. METODOLOGÍA

Las fases para determinar un tratamiento biológico para el agua contaminada por tensoactivos se describen a continuación:

2.2.1. FASE I

2.2.1.1. Caracterización del agua

De acuerdo a los resultados obtenidos en el mes de noviembre del 2013, donde se obtuvo parámetros incumpliendo la norma vigente en Tensoactivos, aceites y grasas fue necesario realizar nuevamente un análisis en el mes de abril en el Laboratorio CORPLAB, en base a los parámetros de descarga en un cuerpo de agua dulce de control de vertidos al alcantarilla establecidos en el TULSMA, Libro VI, Anexo I, tabla 12, para verificar los análisis hechos en el mes de noviembre.

2.2.1.2. Medición del caudal

La medición del caudal de entrada de la planta se lo realizó durante una semana desde el 21 de abril al 27 de abril del 2014, tomando 3 muestras por día. Las muestras fueron recogidas a la entrada de la planta, por las dos entradas antes de pasar las rejillas.

2.2.1.3. Ejecución de pruebas

Para la ejecución de las pruebas con tratamiento biológico se utilizó bacterias activadas denominada Microorganismos EM•1.

MICROORGANISMO EM•1

Es un inoculante microbiano natural que contiene microorganismos benéficos. EM•1 (Microorganismos Eficaces, por sus siglas en inglés) fue desarrollado por el Dr. Teruo Higa, profesor de la Universidad de Ryukyus de Okinawa, Japón, en los años 80`s. Es una tecnología que promueve el uso de microorganismos eficaces para el bienestar de los seres humanos, animales y ambiente.

EM•1 es antioxidante y probiótico con una gran utilidad en diversos usos gracias a los microorganismos que lo componen, que actuando de manera sinérgica generan sustancias benéficas como antioxidantes, aminoácidos, vitaminas, enzimas y ácidos orgánicos; favorece especialmente a la descontaminación de aguas, tratamiento de desechos, eliminación de malos olores y presencia de insectos debido a la acumulación de materia orgánica.

Las funciones básicas del EM•1 son dos:

1. Exclusión competitiva de microorganismos patógenos, se da por la competencia entre la materia orgánica que sirve de alimento y la producción de sustancias que controlan directamente las poblaciones de microorganismos patógenos.

2. Producción de sustancias benéficas como vitaminas, enzimas, aminoácidos y antioxidantes, a través de un proceso de descomposición anaeróbica parcial.

Los microorganismos contenidos en el producto, tienen la facultad de prevenir sustancias que deterioren la vida y el ambiente a través de la generación de sustancias bioactivas. Es una mezcla de microorganismos benéficos que desplazan a los microorganismos patógenos mejorando la calidad del medio en el que son aplicados. El producto contiene microorganismos vivos que no han sido modificados genéticamente; por lo tanto, no puede ser mezclado con antibióticos, químicos ni plaguicidas, pues al hacerlo pierde su efectividad.

Composición

Los microorganismos que conforman el EM•1 cumplen funciones específicas propias de su naturaleza:

Bacterias del ácido láctico (*Lactobacillus casei* y *Lactobacillus plantarum*) 104 UFC/ml

Género de bacterias anaerobias, sintetizan sustancias bioactivas formando una marcada actividad antagonista con microorganismos patógenos:

- Ácido Láctico, capaz de inhibir y controlar *Staphylococcus aureus*, *Ralstonia sp.*, *Fusarium* y nemátodos.
- Sustancias antimicrobiales del tipo Bactericinas, que inhiben *Enterococcus*, *Clostridium* y *Streptococcus*, entre otros.
- Resistentes a condiciones de acidez, bajan el pH del sustrato e inhiben a competidores.
- Promueven la degradación de la lignina y la celulosa.

- Aceleran la descomposición de la materia orgánica. Se alimentan vorazmente de materia orgánica en suspensión o disuelta en el agua, reduciendo la demanda biológica de oxígeno para eliminarla.

Levaduras (*Saccharomyces cerevisiae*) 104 UFC/ml

Son microorganismos microscópicos unicelulares, anaerobios, con una capacidad de realizar la descomposición mediante fermentación de diversos cuerpos orgánicos, principalmente los azúcares o hidratos de carbono, produciendo distintas sustancias.

Sintetizan sustancias útiles para el crecimiento de las plantas y sustancias antimicrobiales: Vitaminas A y D, enzimas como invertasas y galactosidasas, hormonas que promueven la división celular y el crecimiento de las raíces.

Bacterias Fototróficas (*Rhodopseudomonas palustris*) 103 UFC/ml

Bacterias autótrofas, es decir, que elaboran su propio alimento a partir de sustancias inorgánicas, crecen en aguas estancadas, excrementos de lombrices o sedimentos marinos costeros, entre otros ambientes; con la presencia o ausencia de oxígeno, puede utilizar la luz para modular la fotosíntesis de acuerdo a la cantidad de luz disponible, compuestos inorgánicos o compuestos orgánicos para obtener energía.

Aprovechan la energía del sol utilizando una longitud de onda en el rango de 700 a 1300 nm, por lo que mejoran la eficiencia de aprovechamiento de la energía solar para organismos fotosintéticos como las plantas.

Pueden obtener carbono de cualquier compuesto derivado de plantas verdes o de procesos de fijación de dióxido de carbono. También puede fijar el nitrógeno.

Sintetizan azúcares de cadenas simples que sirven de alimento a otros microorganismos (entre otros las Levaduras y las bacterias Ácido Lácticas), sustancias bioactivas: Aminoácidos (Metionina, Leucina y Lisina), Hormonas (AIA, AG) y Ácidos nucleicos.

Enzimas (Amilasas, Hidrolasas, Proteasas), y antioxidantes: Flavonoides, Ubiquinonas y Vitamina E.

Degradan compuestos orgánicos e inorgánicos como: H_2S , NH_3 , $\text{SO}_4^{=}$ e hidrocarburos, y remueven compuestos tóxicos como: putrescinas, cadaverinas, mercaptanos y fenoles.

El oxígeno producido por la fotosíntesis estimula a los microorganismos fijadores de Nitrógeno (*Azotobacter*, *Rhizobium*) y solubilizadores de fósforo (*Pseudomonas fluorescens*).

Datos Físicos

- Apariencia: Solución color marrón amarillenta.
- Olor: Fuertemente a fermento.
- pH: máx. 3.5

Se realizó once tipos de pruebas con diferentes procesos para verificar la eficiencia de cada uno de ellos y así poder escoger el tratamiento adecuado.

2.2.1.3.1. PRUEBA 1

Se utilizó Oxigreen como oxidante y hierro hidratado como catalizador para realizar la reacción Fenton, utilizando el Oxigreen 1ml por litro y el hierro hidratado 0,5g por litro.

2.2.1.3.2. PRUEBA 2

Conjuntamente con la prueba 1, se realizó la reacción Fenton aumentando un desengrasante, utilizando el Oxigreen 1ml por litro, el hierro hidratado 0,5g por litro y el desengrasante 0,5ml por litro.

2.2.1.3.3. PRUEBA 3

Se realizó la reacción Fenton con hierro deshidratado, en cantidades de 1ml por litro de Oxigreen y 0,5g por litro de hierro deshidratado.

2.2.1.3.4. PRUEBA 4

De igual manera se realizó la reacción Fenton con hierro deshidratado, añadiendo los procesos de Coagulación y Floculación, con cantidades de 1 ml por litro de Oxigreen, 0,5 g por litro de hierro deshidratado, 1g por litro de coagulante y 1ml por litro del floculante.

2.2.1.3.5. PRUEBA 5

Consiste en la reacción Fenton con hierro deshidratado, sólo con el proceso de Floculación, con cantidades de 1 ml por litro de Oxigreen, 0,5 g por litro de hierro deshidratado y 1ml por litro del floculante.

2.2.1.3.6. PRUEBA 6

También se realizó una prueba sólo de coagulación y floculación, con cantidades de 1g por litro de coagulante y 1ml por litro del floculante.

2.2.1.3.7. PRUEBA 7

Se empezó las pruebas con bacterias, una vez obtenidos los resultados de las pruebas anteriores.

Para esta prueba se realizó la reacción Fenton con hierro hidratado y después de un día se le añadió las bacterias EM •1. Utilizando las mismas cantidades de las otras pruebas y para las bacterias en una cantidad de 1ml por litro.

2.2.1.3.8. PRUEBA 8

En esta prueba se utilizó hierro deshidratado para la reacción Fenton y se le añadió las bacterias después de un día. Utilizando las mismas cantidades de las pruebas anteriores y para las bacterias en una cantidad de 1ml por litro.

2.2.1.3.9. PRUEBA 9

Simultáneamente se realizó la reacción Fenton utilizando hierro hidratado y floculación y después de un día se añadió las bacterias EM •1. Utilizando las mismas cantidades de las otras pruebas y para las bacterias en una cantidad de 1ml por litro.

2.2.1.3.10. PRUEBA 10

Con el agua del Tanque Imhoff sin realizar ningún tratamiento se añadió las Bacterias EM •1 en una cantidad de 1ml por litro.

2.2.1.3.11. PRUEBA 11

Con el agua del pantano artificial sin realizar ningún tratamiento se añadió las Bacterias EM •1 en una cantidad de 1ml por litro.

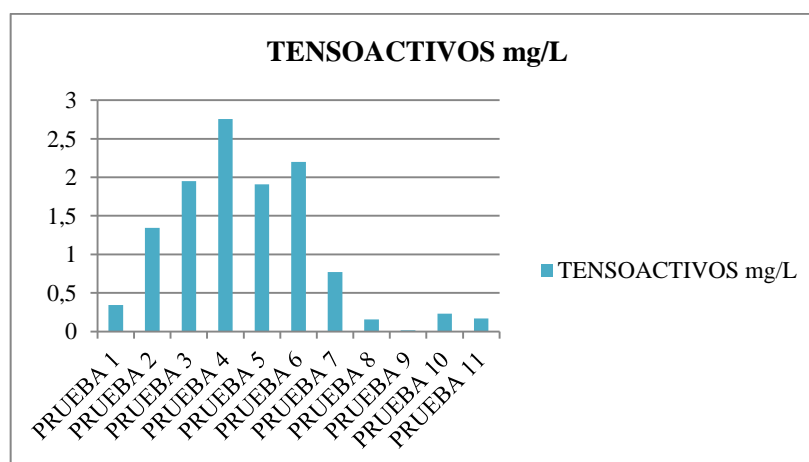
2.2.2. FASE II

2.2.2.1. Determinación de Tratamiento

Una vez ya obtenidos los resultados de los análisis del agua de las pruebas procedemos a determinar la eficiencia de cada prueba.

Gráfico 1

Contenido de tensoactivos en las 11 pruebas



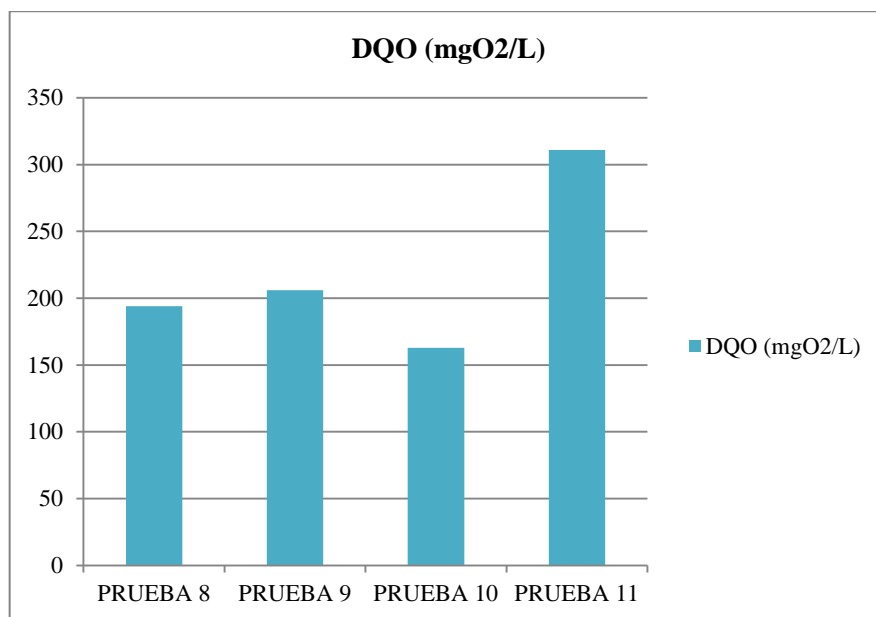
Fuente: Liza Lin

Se puede apreciar que las pruebas que cumplen con el límite máximo permisible (0,5mg/L)son las pruebas 1, 8, 9, 10 y 11.Se elimina la prueba 1 ya que ésta presenta sólo un tratamiento físico, pero permite comprobar que la reacción Fenton ayuda a eliminar los tensoactivos para la aplicación de las bacterias.

Posteriormente se comparan los resultados de DBO₅ y DQO.

Gráfico 2

Comparación de los resultados DQO

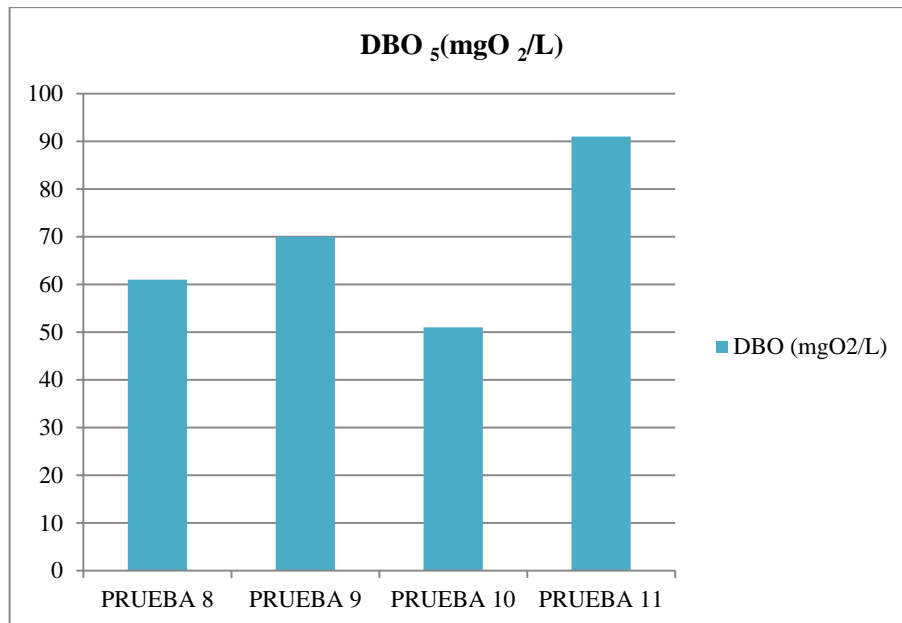


Fuente: Liza Lin

Sabiendo que el límite máximo permisible de DQO es 250mg/L según el TULSMA descartamos a la prueba 11, ya que no cumple con la normativa y procedemos a comparar los valores de la DBO₅ para así poder concluir con la selección del tratamiento.

Gráfico 3

Comparación de los resultados DBO₅



Fuente: Liza Lin

Como se puede observar todas las pruebas cumplen con el límite máximo permisible DBO 100 mg/L, pero la que tiene un valor mucho más bajo en comparación entre estas pruebas es la prueba #10, en la que se realizó un muestreo de agua del tanque y se le colocó las bacterias de forma constante durante un mes.

Por lo que lo recomendable es que el tratamiento se lo realice en cuatro etapas:

Etapas 1

Tratamiento de Limpieza

Se conoce que en la Planta de Tratamientos de Agua Residual desde que inició su funcionamiento, sólo se ha realizado una extracción de lodos, por lo que la primera fase

sería de limpieza y extracción de lodos, para lo cual se realizará la reacción Fenton en los tanques imhoff y posteriormente se extraerán los lodos para depositarlos en los lechos de secado; este residuo se lo puede utilizar como compost para el invernadero del G.A.D. Municipal del Cantón Salcedo.

Este tratamiento consiste en colocar el oxidante y coagulante (Reacción Fenton) en los tanques con posterior agitación utilizando bombas de presión. Una vez realizado este proceso y luego de un período de reposo se continua con la extracción de los lodos, con una bomba de extracción de sólidos. (El material y los equipos serán adquiridos por la empresa OXYGREEN S.A.)

Etapas 2

Medio de Cultivo

Este tratamiento consiste en colocar las bacterias en los tanques de una forma regular, es decir, se debe colocar tres veces por cada semana durante el primer mes. Esto se lo realiza sólo el primer mes para que exista una fuerza de choque que permita la existencia de un medio de cultivo en los tanques imhoff.

Etapas 3

Inoculación de bacterias

Esta fase consiste en colocar las bacterias una vez por semana durante los tres meses siguientes.

Etapas 4

Activación

Esta es la etapa permanente en que se debe realizar siempre, se debe colocar las bacterias 2 veces por mes y éste será el tratamiento que a partir del quinto mes se debe realizar de forma indefinida.

2.2.3. FASE III

2.2.3.1. Presupuesto

En base al tratamiento que se ha determinado, de la empresa OXIGREEN S.A. se obtiene el siguiente presupuesto:

Tabla IV

COSTO DE PRODUCTOS

REACCIÓN FENTON				
MATERIAL	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO (\$)	COSTO TOTAL (\$)
Oxidante	514,228	L	1,7	874,1876
Catalizador	257,114	Kg	2	514,228

Fuente: Liza Lin

Tabla V

COSTO/DÍA DE LAS BOMBAS

BOMBAS DE PRESIÓN			
MATERIAL	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (\$)	COSTO TOTAL(\$)
Bomba de presión	2	200	400
Bomba de sólidos	3	50	150

Fuente: Liza Lin

Tabla VI

COSTO DE BACTERIAS: PRIMER AÑO

BACTERIAS				
MES	REPETICIONES POR MES	CANTIDAD (m3)	COSTO UNITARIO(\$)	COSTO TOTAL(\$)
1	12	4020	1,5	6030
2	4	1340	1,5	2010
3	4	1340	1,5	2010
4	4	1340	1,5	2010
5	2	670	1,5	1005

(Continúa)

BACTERIAS				
MES	REPETICIONES POR MES	CANTIDAD (m3)	COSTO UNITARIO(\$)	COSTO TOTAL(\$)
6	2	670	1,5	1005
7	2	670	1,5	1005
8	2	670	1,5	1005
9	2	670	1,5	1005
10	2	670	1,5	1005
11	2	670	1,5	1005
12	2	670	1,5	1005

Fuente: Liza Lin

Tabla VII

COSTO DE BACTERIAS: SEGUNDO AÑO

MES	REPETICIONES POR MES	CANTIDAD (m3)	COSTO UNITARIO(\$)	COSTO TOTAL(\$)
1	2	670	1,5	1005
2	2	670	1,5	1005
3	2	670	1,5	1005
4	2	670	1,5	1005
5	2	670	1,5	1005
6	2	670	1,5	1005
7	2	670	1,5	1005
8	2	670	1,5	1005
9	2	670	1,5	1005
10	2	670	1,5	1005
11	2	670	1,5	1005
12	2	670	1,5	1005

Fuente Liza Lin

Tabla VIII

COSTOS TOTALES PARA DOS AÑOS

MATERIAL	COSTO (\$)
Oxidante	874,1876
Catalizador	514,228
Bomba de Presión	400
Bomba de Sólidos	150
Bacterias	32160
TOTAL	34098,4156
POR MES	1420,76732

Fuente Liza Lin

2.2.4. MÉTODOS Y TÉCNICAS

2.2.4.1. MÉTODOS

2.2.4.1.1. INVESTIGACIÓN DE CAMPO

La investigación se realizó en la planta de tratamiento de aguas residuales del sector de Chipualó de la ciudad de San Miguel del cantón Salcedo de la provincia de Cotopaxi.

De acuerdo con la clasificación de Cañadas (1983), basada en el sistema bioclimático de Holdridge (1947, 1967), el área de estudio corresponde la Región Seco Templado.

Esta región se encuentra desde los 2000 hasta los 3000 m.s.n.m., caracterizándose por una temperatura media anual que oscila entre los 12° C y 18° C, y por registrar precipitaciones anuales promedios superiores a los 200 mm pero inferiores a los 500 mm.

Tabla IX

Localización del proyecto

Cantón	Ubicación PTAR	COORDENADAS GSM 84	
		X	Y
Salcedo	Barrió Chipualó.	767618,52	9885747,34
		767674,84	9885744,11

Fuente: Liza Lin

Gráfico 4

Ubicación del proyecto



Fuente: Google Earth

2.2.4.1.2. INDUCTIVO

En la planta de tratamiento de agua residual del Cantón Salcedo- Chipoaló, el agua ingresa por un canal realizando aireación por cascadas, posteriormente tiene dos rejillas que retienen el material sólido; continúa con dos tanques imhoff para la remoción de carga contaminante y finalmente se dirige a dos pantanos artificiales, con lechuguines y carrizos, para ser posteriormente descargados al Río Cutúchi. En las entradas de cada proceso se realizó el respectivo muestreo para determinar la concentración de tensoactivos que contienen.

2.2.4.1.3. DEDUCTIVO

A partir de las problemáticas ambientales causadas por la contaminación de tensoactivos, se busca un tratamiento alternativo para los tensoactivos con el fin de que éstos se encuentren dentro de los parámetros permisibles determinados en el TUSLMA.

2.2.4.1. TÉCNICAS

2.2.4.1.1. CARACTERIZACIÓN DEL AGUA

A más de los datos obtenidos en el mes de noviembre por el G.A.D municipal del cantón salcedo, se volvió a realizar un análisis en el mes de marzo para verificar los resultados en lo concerniente al parámetro tensoactivos; en la verificación se utilizó un muestreo simple por entrada en cada proceso de la planta.

2.2.4.1.2. MEDICIÓN DE CAUDAL

La medición del caudal se realizó mediante la medida volumétrica de las descargas, llamado también Método de Capacidad. La cual consiste en medir el tiempo de llenado del agua de la entrada, de un recipiente de volumen conocido. Para realizar la medición se necesita:

- Un recipiente con capacidad 20L.
- Cronómetro

Gráfico 5

Medición de Caudal

Medición del Caudal	
<p>Recipiente para medición de tiempo</p> 	<p>Llenado del Recipiente</p> 

Fuente: Liza Lin

2.2.4.1.3. REALIZACIÓN DE PRUEBAS

2.2.4.1.3.1. Reacción Fenton con hierro hidratado.

Materiales:

- Jeringa de 20ml
- Balanza
- Recipiente de 20 ml
- Espátula
- Agitador de vidrio

Sustancias:

- 20ml Oxigreen
- 10 g Hierro hidratado
- 20L agua residual

Procedimiento:

- Tomar una muestra del agua en el recipiente de 20L.
- Colocar el hierro hidratado y luego se mezcló por dos minutos alrededor de 100 RPM.
- Aumentar el Oxigreen y se mezcló por cinco minutos a 100 RPM.
- Agitar por diez minutos de forma lenta, es decir, de 40 a 20 RPM.
- Luego de dos horas tomar la muestra de un litro para realizar los análisis de agua en el Laboratorio de Química Ambiental de la Universidad Central del Ecuador.

Gráfico 6

Procedimiento de la Prueba 1

Reacción Fenton con Hierro hidratado	
Colocación del hierro hidratado 	Utilización del Oxigreen 
Colocación del Oxigreen. 	Después del reposo. 

Fuente: Liza Lin

2.2.4.1.3.2. Reacción Fenton con hierro hidratado + desengrasante.

Materiales:

- Jeringa de 20ml
- Jeringa de 10ml
- Balanza
- Recipiente de 20 ml
- Espátula
- Agitador de vidrio

Sustancias:

- 20ml Oxigreen
- 10 g Hierro hidratado
- 10ml Desengrasante
- 20L agua residual

Procedimiento:

- Tomar una muestra del agua del tanque 1 con un volumen de 20L en el recipiente.
- Colocar el hierro hidratado y se mezcla en dos minutos alrededor de 100 RPM.
- Añadir el desengrasante y se agita por un minuto a 40 RPM.
- Aumentar el Oxigreen y agitar por cinco minutos a 100 RPM.
- Agitar por diez minutos de forma lenta, es decir, de 40 a 20 RPM.
- Luego de dos horas tomar la muestra de un litro para realizar los análisis de agua en el Laboratorio de Química Ambiental de la Universidad Central del Ecuador.

Gráfico 7**Procedimiento de la Prueba 2**

Reacción Fenton con Hierro hidratado y Desengrasante	
Colocación del hierro hidratado 	Utilización del Oxigreen 
Utilización del desengrasante 	Después del reposo. 

Fuente: Liza Lin

2.2.4.1.3.3. Reacción Fenton con hierro deshidratado.

Materiales:

- Jeringa de 20ml
- Balanza
- Recipiente de 20 ml
- Espátula
- Agitador de vidrio

Sustancias:



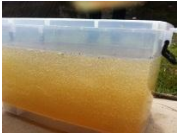

- 20ml Oxigreen
- 10 g Hierro deshidratado
- 20L agua residual

Procedimiento:

- Tomar una muestra del agua del tanque 1 con un volumen de 20L en el recipiente.
- Colocar el hierro deshidratado y se mezcla en dos minutos alrededor de 100 RPM.
- Aumentar el Oxigreen y mezclar por cinco minutos a 100 RPM.
- Agitar por diez minutos de forma lenta, es decir, de 40 a 20 RPM.
- Luego de dos horas tomar la muestra de un litro para realizar los análisis de agua en el Laboratorio de Química Ambiental de la Universidad Central del Ecuador.

Gráfico 8

Procedimiento de la Prueba 3

Reacción Fenton con Hierro deshidratado	
Colocación del hierro deshidratado 	Colocación del Oxigreen 
En reposo 	Después del reposo. 

Fuente: Liza Lin

2.2.4.1.3.4. Reacción Fenton con hierro deshidratado + Coagulación + Floculación

Materiales:

- Jeringa de 20ml
- Balanza
- Recipiente de 20 ml
- Espátula
- Agitador de vidrio

Sustancias:

- 20ml Oxigreen
- 10 g Hierro deshidratado
- 20g Policloruro de aluminio
- 20ml de Gelatina

- 20L agua residual

Procedimiento:

- Tomar una muestra del agua del tanque 1 con un volumen de 20L en el recipiente.
- Colocar el hierro deshidratado y mezclar en dos minutos alrededor de 100 RPM.
- Aumentar el Oxigreen y mezclar por cinco minutos a 100 RPM. Proceder a agitar por diez minutos de forma lenta, es decir, de 40 a 20 RPM.
- Colocar el coagulante que es el policloruro de aluminio y agitar por dos minutos a una velocidad de 100 RPM.
- Enseguida aumentar la gelatina para la floculación, agitar por un minuto y dejar reposar hasta que se formen los flóculos.
- Esperar una hora y tomar la muestra de un litro para realizar los análisis de agua en el Laboratorio de Química Ambiental de la Universidad Central del Ecuador.

Gráfico 9

Procedimiento de la Prueba 4

Reacción Fenton con Hierro deshidratado, coagulación y floculación.	
<p>Reacción Fenton</p> 	<p>Colocación del coagulante</p> 
<p>Colocación del floculante</p> 	<p>Formación de Flóculos</p> 

Fuente: Liza Lin

2.2.4.1.3.5. Reacción Fenton con hierro deshidratado + Flocculación

Materiales:

- Jeringa de 20ml
- Balanza
- Recipiente de 20 ml
- Espátula
- Agitador de vidrio

Sustancias:


- 20ml Oxigreen
- 10 g Hierro deshidratado
- 20ml de Gelatina
- 20L agua residual

Procedimiento:

- Tomar una muestra del agua del tanque 1 con un volumen de 20L en el recipiente.
- Colocar el hierro deshidratado y mezclar en dos minutos alrededor de 100 RPM.
- Aumentar el Oxigreen y mezclar por cinco minutos a 100 RPM.
- Proceder a agitar por diez minutos de forma lenta, es decir, de 40 a 20 RPM.
- Enseguida aumentar la gelatina para la flocculación, agitar por un minuto y dejar reposar hasta que se formen los flóculos.
- Luego de una hora tomar la muestra de un litro para realizar los análisis de agua en el Laboratorio de Química Ambiental de la Universidad Central del Ecuador.

Gráfico 10

Procedimiento de la Prueba 5

Reacción Fenton con Hierro deshidratado y floculación.	
Colocación del hierro 	Colocación de Oxigreen 
Extracción del floculante 	Formación de Flóculos 
Después del reposo 	

Fuente: Liza Lin

2.2.4.1.3.6. Coagulación + Floculación

Materiales:

- Jeringa de 20ml
- Balanza
- Recipiente de 20 ml
- Espátula
- Agitador de vidrio



Sustancias:

- 20g Policloruro de Aluminio
- 20ml de Gelatina
- 20L agua residual

Procedimiento:

- Tomar una muestra del agua del tanque 1 con un volumen de 20L en el recipiente.
- Colocar el coagulante y mezclar por dos minutos a velocidad lenta.
- Enseguida aumentar la gelatina para la floculación, agitar por cinco minutos y dejar reposar hasta que se formen los flóculos.
- Luego de una hora tomar la muestra de un litro para realizar los análisis de agua en el Laboratorio de Química Ambiental de la Universidad Central del Ecuador.

Gráfico 11**Procedimiento de la Prueba 6**

Coagulación y floculación.	
<p>Colocación del coagulante</p> 	<p>Colocación del floculante</p> 
<p>Formación de flóculos</p> 	<p>Después del reposo</p> 

Fuente: Liza Lin

2.2.4.1.3.7. Reacción Fenton + Hierro hidratado + Bacterias EM •1

Materiales:

- Jeringa de 20ml
- Jeringa de 10ml
- Balanza
- Recipiente de 20 ml
- Espátula
- Agitador de vidrio

Sustancias:




- 20ml Oxigreen
- 10 g Hierro hidratado
- 20L agua residual
- 20ml Bacterias EM •1

Procedimiento:

- Tomar una muestra del agua del tanque 1 con un volumen de 20L en el recipiente.
- Colocar el hierro hidratado y mezclar en dos minutos alrededor de 100 RPM.
- Aumentar el Oxigreen y mezclar por cinco minutos a 100 RPM.
- Proceder a agitar por diez minutos de forma lenta, es decir, de 40 a 20 RPM.
- Luego de 24 horas colocar las Bacterias EM •1, con una repetición de tres veces por semana durante un mes.
- Finalmente tomar la muestra de un litro y analizar en el Laboratorio de Química Ambiental de la Universidad Central del Ecuador.

Gráfico 12

Procedimiento de la Prueba 7

Reacción Fenton + Hierro hidratado + Bacterias EM •1	
<p>Dilución del hierro hidratado</p> 	<p>Colocación del Oxigreen</p> 
<p>Después del reposo</p> 	<p>Colocación de bacterias</p> 
<p>Después de un mes</p> 	

Fuente: Liza Lin

2.2.4.1.3.8. Reacción Fenton + Hierro Deshidratado + Bacterias EM •1

Materiales:

- Jeringa de 20ml
- Jeringa de 10ml
- Balanza
- Recipiente de 20 ml
- Espátula
- Agitador de vidrio

Sustancias:

- 20ml Oxigreen
- 10 g Hierro deshidratado
- 20L agua residual
- 20ml Bacterias EM •1

Procedimiento:

- Tomar una muestra del agua del tanque 1 con un volumen de 20L en el recipiente.
- Colocar el hierro deshidratado y mezclar en dos minutos alrededor de 100 RPM.
- Aumentar el Oxigreen y mezclar por cinco minutos a 100 RPM.
- Proceder a agitar por diez minutos de forma lenta, es decir, de 40 a 20 RPM.
- Luego de 24 horas colocar las Bacterias EM •1, con una repetición de tres veces por semana durante un mes.
- Finalmente tomar la muestra de un litro y analizar en el Laboratorio de Química Ambiental de la Universidad Central del Ecuador.

Gráfico 13**Procedimiento de la Prueba 8**

Reacción Fenton + Hierro deshidratado + Bacterias EM •1	
Colocación del Hierro 	Extracción del Oxigreen 
<i>(Continúa)</i>	

Reacción Fenton + Hierro deshidratado + Bacterias EM •1	
<p>En reposo</p> 	<p>Colocación de bacterias</p> 
<p>Después de un mes</p> 	

Fuente: Liza Lin

2.2.4.1.3.9. Reacción Fenton + Hierro hidratado + Floculación + Bacterias EM •1

Materiales:

- Jeringa de 20ml
- Jeringa de 10ml
- Balanza
- Recipiente de 20 ml
- Espátula
- Agitador de vidrio

Sustancias:

- 20ml Oxigreen
- 10 g Hierro hidratado
- 20ml Gelatina
- 20L agua residual





- 20ml Bacterias EM •1



Procedimiento:

- Tomar una muestra del agua del tanque 1 con un volumen de 20L en el recipiente.
- Colocar el hierro hidratado y mezclar en dos minutos alrededor de 100 RPM.
- Añadir la gelatina y agitar por cinco minutos de forma rápida.
- Aumentar el Oxigreen y mezclar por cinco minutos a 100 RPM.
- Proceder a agitar por diez minutos de forma lenta, es decir, de 40 a 20 RPM.
- Luego de 24 horas colocar las Bacterias EM •1, con una repetición de tres veces por semana durante un mes.
- Finalmente tomar la muestra de un litro y analizar en el Laboratorio de Química Ambiental de la Universidad Central del Ecuador.

Gráfico 14

Procedimiento de la Prueba 9

Reacción Fenton + Hierro hidratado + Flocculación +Bacterias EM •1	
<p>Dilución del hierro hidratado</p> 	<p>Colocación del flocculante</p> 
<p>Colocación del Oxigreen</p> 	<p>Reposo</p> 
<i>(Continúa)</i>	

Reacción Fenton + Hierro hidratado + Floculación +Bacterias EM •1	
<p>Colocación de bacterias al día siguiente</p> 	<p>Después de un mes</p> 

Fuente: Liza Lin

2.2.4.1.3.10. Agua Residual del Tanque Imhoff + Bacterias EM •1

Materiales:

- Jeringa de 20ml
- Balanza
- Recipiente de 20 ml
- Agitador de vidrio

Sustancias:





- 20L agua residual del Tanque Imhoff
- Bacterias EM •1

Procedimiento:

- Tomar una muestra del agua del Tanque Imhoff con un volumen de 20L en el recipiente.
- Colocar 20 ml de bacterias y se agitó por un minuto de forma lenta.
- Realizar el mismo procedimiento tres veces a la semana durante un mes.
- Finalmente tomar la muestra de un litro para realizar los análisis de agua en el Laboratorio de Química Ambiental de la Universidad Central del Ecuador.

Gráfico 15

Procedimiento de la Prueba 10

Agua del tanque Imhoff + Bacterias EM •1	
<p>Extracción del agua</p> 	<p>Extracción de las bacterias</p> 
<p>Colocación de las bacterias</p> 	<p>Después de un mes</p> 

Fuente: Liza Lin

2.2.4.1.3.11. Agua Residual del Pantano Artificial + Bacterias EM •1

Materiales:

- Jeringa de 20ml
- Balanza
- Recipiente de 20 ml
- Agitador de vidrio

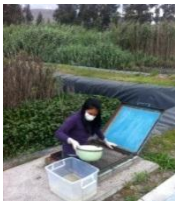



Sustancias:

- 20L agua residual del Pantano Artificial
- Bacterias EM •1

Procedimiento:

- Tomar una muestra del agua del pantano artificial 1 con un volumen de 20L en el recipiente.
- Colocar 20 ml de bacterias y agitar por un minuto de forma lenta.
- Realizar el mismo procedimiento tres veces a la semana durante un mes.
- Finalmente tomar la muestra de un litro para realizar los análisis de agua en el Laboratorio de Química Ambiental de la Universidad Central del Ecuador.

Gráfico 15**Procedimiento de la Prueba 11**

Agua Residual del Pantano Artificial + Bacterias EM •I	
<p>Extracción del agua</p> 	<p>Extracción de las bacterias</p> 
<p>Colocacion de bacterias</p> 	<p>Después de un mes</p> 

Fuente: Liza Lin

2.2.4.1.4. MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS PARA EL ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DEL AGUA RESIDUAL

2.2.4.1.4.1. Determinación de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅). MAM-38 / APHA 5210 B

Tabla X

Determinación de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅)

Fundamento	Materiales	Procedimiento	Cálculos
Mide la cantidad de materia orgánica biodegradable; se determina midiendo la cantidad de oxígeno consumido por los microorganismos cuando utilizan la materia orgánica como fuente de energía para su metabolismo; los ensayos se realizan durante 5 días	<ul style="list-style-type: none"> • Botellas de DBO (Weattom) • Pipetas • Balón de 1000 ml • Bureta • Pinzas universales • Soporte universal • 1erlenmeyer de 500 ml <p>Reactivos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Agua aireada (H₂O) • Cloruro de magnesio (MgCl₂) • Cloruro férrico (FeCl₃) • Cloruro de Calcio (CaCl₂) • Solución buffer de pH neutro • Sulfato de manganeso (MnSO₄) • Reactivo álcali-yoduro-azida • Ácido sulfúrico (H₂SO₄) • Tiosulfato de sodio 0.025M (Na₂S₂O₃) 	<ul style="list-style-type: none"> • En un balón colocar 500 ml de agua aireada. • Añadir 50 ml de agua residual y 1 ml de inóculo. • Añadir 1 ml de MgCl₂, de FeCl₃, de CaCl₂ y 2 ml de solución buffer. • Aforar con agua aireada y homogenizar la solución. • Llenar 2 botellas de DBO con esta solución y taparlas • 1 botella de DBO debe ser guardada en total oscuridad. • En la otra botella poner 1 ml de MnSO₄ y 1 ml de reactivo álcali-yoduro-ácida, tapar y dejar que repose. • Titulamos con Na₂S₂O₃ 	<p>DBO₅ = (X – Y)*FD</p> <p>Dónde:</p> <p>X= Concentración de O₂ disuelto antes de la incubación</p> <p>Y= Concentración de O₂ disuelto después de la incubación</p> <p>FD= factor de dilución</p>

Fuente: FERNANDEZ J. y CURT M. Métodos Analíticos para aguas residuales

2.2.4.1.4.2. Determinación de la demanda química de oxígeno (DQO). MAM- 23ª / COLORIMÉTRICO MERCK

Tabla XI

Determinación de la demanda química de oxígeno (DQO)

Fundamento	materiales	Reactivos	Procedimiento
Se basa en la oxidación de la materia orgánica por medio de un oxidante fuerte como el dicromato, el cromo Cr+6 de color naranja presente en la solución de análisis se reduce a Cr+3 de color verde, la reducción del cromo depende directamente de su reacción con la materia orgánica total existente en la muestra, lo que permite cuantificar la materia orgánica presente en la muestra por medio del método colorimétrico que mide la Absorbancia del Cr+3 a 600nm.	<ul style="list-style-type: none"> • Tubos de digestión Termoreactor • Espectrofotómetro 	<ul style="list-style-type: none"> • Solución de digestión: Añádanse a unos 500 ml de agua destilada, 10,216 g de $K_2Cr_2O_7$ de calidad de reactivos estándar, previamente secados a $103^\circ C$ durante 2 horas. 167 ml de H_2SO_4 concentrado y 33,3 g de $HgSO_4$. Disuélvase, enfríese a temperatura ambiente y dilúyase a 1000 ml. • Reactivo de Ácido Sulfúrico: Añádanse Ag_2SO_4 en cristales o en polvo a H_2SO_4 concentrado en proporción de 5,5 g de Ag_2SO_4/kg de H_2SO_4. Deje reposar de 1 a 2 días para disolver Ag_2SO_4. • Ftalato de Hidrógeno de Potasio patrón: Tritúrese ligeramente y seque el ftalato hidrógeno de potasio FHP ($HOOC C_6 H_4 COOK$) a peso constante a $120^\circ C$. Disuélvase 425 mg en agua destilada y diluya hasta 1000ml. El FHP tiene un DQO teórico de 1,176 mgO_2/mg y esta solución tiene un DQO teórico de 500 $\mu g O_2/ml$. 	<ul style="list-style-type: none"> • Lavar los tubos de ensayo y tapas con H_2SO_4 al 20% antes de utilizarlos. • Mida la cantidad de muestra y reactivos dependiendo del tipo de tubo a utilizar. • Preparar un tubo para el blanco • Cierre bien los tubos e inviertase varias veces cada uno para mezclar completamente. • Mezcle por completo antes de aplicar calor para evitar el calentamiento local del fondo del tubo y una posible reacción explosiva. • Colocar los tubos en el digestor por 2 horas a $150 \pm 2^\circ C$. • Enfriar a temperatura ambiente • Invierta las muestras enfriadas y deje que los sólidos se depositen antes de medir la absorbancia. <p>Preparación de la Curva de Calibración:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Prepare al menos 5 patrones de la solución de ftalato hidrógeno de potasio con DQO que oscilen entre 20 y 900 $\mu g O_2/ml$. Complete el volumen con agua destilada.

Fuente: Métodos normalizados para análisis de aguas residuales y potables

2.2.4.1.4.3. Determinación de los tensoactivos. MAM- 74 APHA 5540 C

Tabla XII

Determinación de tensoactivos

Fundamento	Materiales	Procedimiento	Cálculos
Se basa en la formación de un par iónico extractable en cloroformo de color azul por la reacción del azul de metileno catiónico y un tensoactivoaniónico incluyendo al sulfonato de alquilbenceno lineal, otros sulfonatos y ésteres de sulfonatos. La muestra se acidifica y se mezcla con una disolución de azul de metileno. La intensidad del color azul presente en la fase orgánica se mide espectrofotométricamente y es proporcional a la cantidad de surfactantes aniónicos presentes en la muestra.	<ul style="list-style-type: none"> • Espectrofotómetro Reactivos <ul style="list-style-type: none"> • Solución de fenol de reserva • Solución intermedia de fenol • Solución fenol patrón • Hidróxido de amonio • Solución tampón de fosfato • Solución de 4-aminoantipirina • Solución de ferricianuro de potasio 	<ul style="list-style-type: none"> • Añadir 12 ml de NH₄OH 0.5N y ajústese inmediatamente el pH a 7.9 +/- 0.1 con tampón fosfato. • Añadir 3 ml de solución de aminoantipirina y 3 ml de solución de K₃Fe (CN)₆ y déjese que aparezca el color durante 15 minutos. • Extraer inmediatamente con CHCl₃ utilizando 25 ml para celdas de 1 a 5 cm. • Filtrese cada extracto de CHCl₃ a través del papel filtro que contengan una capa de 5g de Na₂SO₄ anhidro. Recoger los extractos secos en celdas limpias para medir su absorbancia. • Leer la absorbancia de la muestra y los patrones contra el blanco a 460 nm. 	Medida directa

Fuente: FERNANDEZ J. y CURT M. Métodos Analíticos para aguas residuales

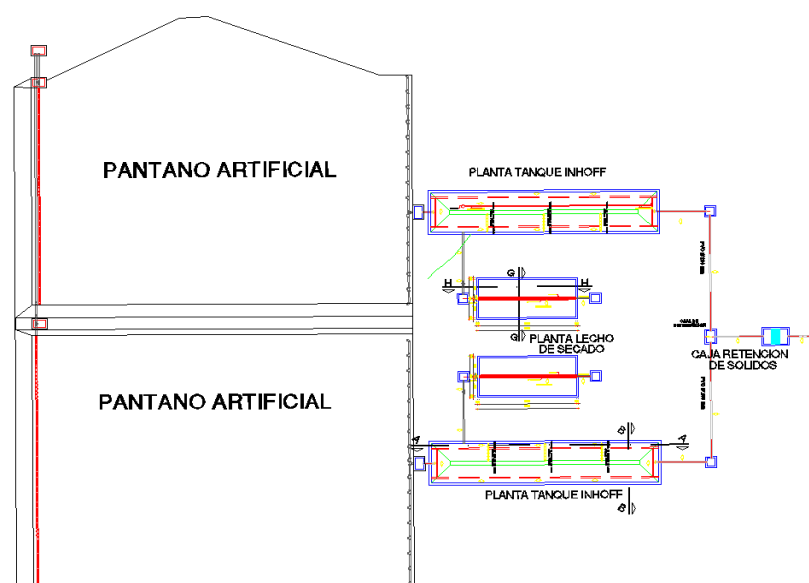
2.3. DATOS EXPERIMENTALES

2.3.1. DIAGNÓSTICO

La planta de tratamiento de agua residual fue implementada en el año 2009, trata el agua del sector de San Miguel del cantón Salcedo, la misma que es conducida por medio de tuberías a la planta ubicada en Chipoaló, ingresa por un canal realizando aireación por cascadas, posteriormente tiene dos rejillas que retienen el material sólido; continúa con dos tanques imhoff para la remoción de carga contaminante y finalmente se dirige a dos pantanos artificiales, con lechuguines y carrizos para ser posteriormente descargados al Río Cutúchi. Para los fangos o lodos existen dos lechos de secado, una vez que son utilizados, los lodos posteriormente son llevados al relleno sanitario del cantón.

Gráfico 16

Planos de la PTAR



Fuente: G.A.D. Municipal del Cantón Salcedo

Como se ha determinado que el tratamiento se lo va a realizar en los tanques imhoff se procedió a tomar las dimensiones para poder realizar los cálculos para conocer la cantidad de material que se necesitará.

Gráfico 17

Mediciones de los tanques



Fuente: Liza Lin

Se comparó los datos obtenidos con los planos que se nos entregaron, en donde los datos eran los mismos.

Datos:

Ancho= 5.80m

Largo= 28.60m

Profundidad= 3.10m

2.3.1.1. Calidad del Agua

El efluente del tratamiento de la planta no es apto para una descarga en un cuerpo de agua dulce, conforme la tabla No. 12 del Anexo 1 del Libro VI del TULSMA, tienen parámetros que están dentro de su cumplimiento, pero lo que es tensoactivos, aceites y grasas sobrepasan el límite permisible que es de 0,5mg/L.

2.3.2. DATOS

2.3.2.1. CARACTERIZACIÓN DEL AGUA

Análisis realizados por el G.A.D. Municipal del Cantón Salcedo realizados en el mes de noviembre del 2013.

Tabla XIII

Análisis del agua

ANÁLISIS NOVIEMBRE 2013									
PARÁMETRO		UNIDAD	INGRESO PRINCIPAL	INGRESO TANQUE 1	INGRESO TANQUE 2	INGRESO PANTANO 1	INGRESO PANTANO 2	SALIDA AL RIO	LÍMITE MÁXIMO
ACEITES Y GRASAS	Y	mg/L	<20	<20	<20	<20		<20	0.3
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO	DE	mg/L	258	207	245	196		84	100
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	DE	mg/L	6118	605	540.7	405.2		242.7	250
NITRÓGENO AMONACAL		mg/L	20.92	24.09	21.71	34.63		36.1	-
POTENCIAL HIDRÓGENO	DE	mg/L	7.52	7.28	7.45	7.21		7.34	5-9

ANÁLISIS NOVIEMBRE 2013 (Continuación)								
PARÁMETRO	UNIDAD	INGRESO PRINCIPAL	INGRESO TANQUE 1	INGRESO TANQUE 2	INGRESO PANTANO 1	INGRESO PANTANO 2	SALIDA AL RIO	LÍMITE MÁXIMO
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	UpH	210	208	228	108		124	100
SÓLIDOS FIJOS	mg/L	14	32	36	6		40	-
SÓLIDOS VOLÁTILES	mg/L	196	176	192	102		84	-
SULFATOS	mg/L	79.79	83.79	78.47	55.71		49.6	1000
COLIFORMES FECALES	NMP/100ml	>2000	>2000	>2000	>2000		>2000	-
COLIFORMES TOTALES	NMP/100ml	>2000	>2000	>2000	>2000		>2000	-
TEMPERATURA	°C	19.3	18.2	18.1	17.6		16.7	<35
TENSOACTIVO	mg/L	3.56	2.63	4.24	3.54		2.48	0.5
NITRÓGENO TOTAL	mg/L	18.73	28.3	57.8	22.2		21.8	15

Fuente: CORPLAB

Análisis realizados en el mes de marzo solamente los parámetros requeridos.

TABLA XIV

Análisis del agua

ANÁLISIS MARZO 2014									
PARÁMETRO	UNIDAD	INGRESO PTAR	REJILLA 1	REJILLA 2	TANQUE 1	TANQUE 2	PANTANO 1	PANTANO 2	SALIDA RIO
TENSOACTIVOS	mg/L	3,01	3,74	3,5	3,23	2,62	3,03	3,02	2,7

Fuente: CORPLAB

2.3.2.2. Datos del Caudal

2.3.2.2.1. Tiempos de Entrada

Tabla XIV

Tiempos de entrada

TIEMPOS DE ENTRADA (s)		
	REJILLA 1	REJILLA 2
VIERNES	3,3	3,7
	3,1	3,5
	2,8	4
SÁBADO	3,7	5,7
	4,2	5,2
	4,3	5,3
DOMINGO	3,9	4,5
	3,9	4,6
	4,1	4,5
LUNES	3,5	3,6
	3,4	3,7
	3,5	3,7
MARTES	3,4	3,6
	3,3	3,6
	3,3	3,5
MIÉRCOLES	3,2	3,5
	3,2	3,5
	3,1	3,5
JUEVES	3,3	3,6
	3,3	3,6
	3,2	3,7
PROMEDIO	3,7404762	

Fuente: Liza Lin

2.4. DATOS ADICIONALES

En los resultados obtenidos en el mes de noviembre también vemos que existe una inconformidad en los resultados de los parámetros de aceites y grasas, y como existe una relación entre los tensoactivos y los aceites y grasas se realizó el análisis de entrada y salida de la planta.

Tabla XV

Análisis de aceites y grasas de la PTAR

ANÁLISIS MARZO 2014			
PARÁMETRO	UNIDAD	INGRESO PTAR	SALIDA RIO
ACEITES Y GRASAS	mg/L	36,8	7

Fuente: CORPLAB

Realizando las pruebas 1 y 2, el interés fue verificar si con la reacción fenton se lograba disminuir los parámetros de aceites y grasas, obteniéndose los siguientes resultados.

Tabla XVI

Análisis de aceites y grasas de las pruebas

PARÁMETRO	UNIDAD	PRUEBA 1	PRUEBA 2
ACEITES Y GRASAS	mg/L	1.6	14.8

Fuente: Laboratorio de Química Ambiental de la Universidad Central del Ecuador.

Al utilizar microorganismos en las pruebas es importante tomar en cuenta los parámetros DBO y DQO, por lo que se realizaron análisis de estos parámetros antes y después del tratamiento, para así poder verificar la eficiencia de las bacterias.

Tabla XVII

Análisis de DBO y DQO de las pruebas antes del tratamiento

PARÁMETRO	UNIDAD	AGUA DEL TANQUE IMHOFF	AGUA DEL PANTANO ARTIFICIAL	LÍMITE PERMISIBLE
DBO ₅	mgO ₂ /L	207	196	100
DQO	mgO ₂ /L	605	405.2	250

Fuente: Laboratorio de Química Ambiental de la Universidad Central del Ecuador.

Tabla XVIII

Análisis de DBO y DQO de las pruebas después del tratamiento

PARÁMETRO	UNIDAD	PRUEBA 7	PRUEBA 8	PRUEBA 9	PRUEBA 10	PRUEBA 11
DBO ₅	mgO ₂ /L	72	61	70	51	91
DQO	mgO ₂ /L	222	194	206	163	311

Fuente: Laboratorio de Química Ambiental de la Universidad Central del Ecuador.

CAPÍTULO III

3. LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

3.1. CÁLCULOS

3.1.1. Caudal entrada

Con los valores obtenidos en las entradas de rejillas obtuvimos un valor promedio de:

Tiempo: 3,7404762 s

Volumen del Recipiente: 29L

Por lo que tenemos un valor de:

$$Q=V/T$$

$$7,7530236 \text{ L/s}$$

$$27910,8 \text{ L/h}$$

3.1.2. Oxigreen

Sabiendo que se necesita 1ml de Oxigreen1ml para un litro de agua a tratar., se realizó la regla de tres.

$$\begin{array}{cc} 1\text{ml} & 1 \text{ litro} \end{array}$$

$$\begin{array}{cc} X & 20 \text{ litros} \end{array}$$

$$X= \frac{1 \text{ ml} * 20 \text{ L}}{1 \text{ L}} = 20\text{ml}$$

$$1\text{L}$$

3.1.3. Hierro Hidratado

Tomando en cuenta que se necesita 0.5g de hierro hidratado para un litro de agua a tratar, tenemos:

$$\begin{array}{cc} 0.5\text{g} & 1 \text{ litro} \end{array}$$

$$\begin{array}{cc} X & 20 \text{ litros} \end{array}$$

$$X= \frac{0.5 \text{ g} * 20 \text{ L}}{1 \text{ L}} = 10\text{g}$$

$$1\text{L}$$

3.1.4. Hierro Deshidratado

Se necesita 0.5 g de hierro deshidratado para un litro de agua a tratar, por lo que necesitamos:

$$\begin{array}{cc} 0.5\text{g} & 1 \text{ litro} \\ X & 20 \text{ litros} \end{array}$$

$$X = \frac{0.5 \text{ g} * 20 \text{ L}}{1 \text{ L}} = 10\text{g}$$

1L

3.1.5. Desengrasante

Para el cálculo se realizó la regla de tres tomando en cuenta que 0.5ml es para un litro de agua a tratar.

$$\begin{array}{cc} 0.5\text{ml} & 1 \text{ litro} \\ X & 20 \text{ litros} \end{array}$$

$$X = \frac{0.5 \text{ ml} * 20 \text{ L}}{1 \text{ L}} = 10\text{ml}$$

1L

3.1.6. Coagulante

Considerando que se necesita 1g de coagulante para un litro, se hizo el siguiente cálculo:

$$\begin{array}{cc} 1\text{g} & 1 \text{ litro} \\ X & 20 \text{ litros} \end{array}$$

$$X = \frac{1 \text{ g} * 20 \text{ L}}{1 \text{ L}} = 20\text{g}$$

1L

3.1.7. Floculante

Sabiendo que para un litro de agua a tratar se necesita 1ml de floculante, tenemos:

$$\begin{array}{cc} 1\text{ml} & 1 \text{ litro} \end{array}$$

$$X \quad 20 \text{ litros}$$

$$X = \frac{1 \text{ ml}}{1 \text{ L}} * 20 \text{ L} = 20 \text{ ml}$$

$$1 \text{ L}$$

3.1.8. Bacterias

Considerando que para un litro de agua a tratar se requiere 1 ml de bacterias, obtuvimos:

$$1 \text{ ml} \quad 1 \text{ litro}$$

$$X \quad 20 \text{ litros}$$

$$X = \frac{1 \text{ ml}}{1 \text{ L}} * 20 \text{ L} = 20 \text{ ml}$$

$$1 \text{ L}$$

3.1.9. Volumen de los Tanques Imhoff

Tanque Imhoff 1

Datos:

Ancho= 5.80m

Largo= 28.60m

Profundidad= 3.10m

$$V = 1 * 1 * 1 \text{ (m}^3\text{)}$$

$$V = 514,228 \text{ m}^3$$

Tanque Imhoff 2

Datos:

Ancho= 5.80m

Largo= 28.60m

Profundidad= 3.10m

$$V = 514,228 \text{ m}^3$$

3.1.10. Volumen de agua que ingresa

Teniendo el caudal de ingreso de:

$$Q = 27910,8 \text{ L/h}$$

Considerando que las personas utilicen el agua 12 horas diarias se toma para el cálculo del volumen de agua que ingresa a la planta.

Por lo que:

$$V = 27910,8 \text{ L/h} * 12\text{h} = 334929,6 \text{ L} = 334,93 \text{ m}^3$$

Entonces la cantidad de agua que ingresa a la planta es de $334,93 \text{ m}^3$, la misma que se divide en dos para tener la cantidad que ingresa a los tanques.

$$V = 334,93 \text{ m}^3 / 2 = 167,47 \text{ m}^3 \text{ de agua residual para cada tanque imhoff.}$$

3.1.11. Volumen de Oxigreen

Siendo el volumen de cada tanque $514,228 \text{ m}^3$.

$$\begin{array}{ccc} 1\text{ml} & & 1 \text{ litro} \\ X & & 514228 \text{ litros} \\ X = \frac{1 \text{ ml} * 514228 \text{ L}}{1\text{L}} = 514228\text{ml} \end{array}$$

Se necesitará 514228 ml de oxidante para cada tanque imhoff.

3.1.12. Volumen de Catalizador (Hierro Hidratado)

De la misma manera realizamos el cálculo para cada tanque:

$$\begin{array}{ccc} 0.5\text{g} & & 1 \text{ litro} \\ X & & 514228 \text{ litros} \\ X = \frac{0.5 \text{ g} * 514228 \text{ L}}{1\text{L}} = 257114 \text{ g} \end{array}$$

Se necesitará 257114 g de catalizador para cada tanque imhoff.

3.1.13. Volumen de las Bacterias

En el caso de las bacterias no se toma en cuenta el volumen de los tanques, el agua que ingresa diariamente a la planta, la misma que es 334,93 m³ aproximándole a 335 m³.

$$\begin{array}{ccc} 1\text{ml} & 1 \text{ litro} & \\ X & 335000 \text{ litros} & \\ X = \frac{1 \text{ ml} * 335000 \text{ L}}{1\text{L}} = 335000 \text{ ml} & & \end{array}$$

3.2. RESULTADOS

3.2.1. Resultados de los análisis de agua de las pruebas

Después de cada prueba se realizaron muestras de un litro para ser dirigidas al Laboratorio de Química Ambiental de la Universidad Central del Ecuador y ahí realizar los análisis de Tensoactivos obteniendo los resultados:

Tabla XIX

Resultados de los análisis del agua

PRUEBAS	TENSOACTIVOS mg/L	ACEITES Y GRASAS mg/L	DBO ₅ mg/L	DQO mg/L
PRUEBA 1	0,345	1.6	-	-
PRUEBA 2	1,345	14.8	-	-
PRUEBA 3	1,95	-	-	-
PRUEBA 4	2,755	-	-	-
PRUEBA 5	1,91	-	-	-
PRUEBA 6	2,2	-	-	-
PRUEBA 7	0,771	-	72	222
PRUEBA 8	0,155	-	61	194
PRUEBA 9	0,014	-	70	206
PRUEBA 10	0,231	-	51	163
PRUEBA 11	0,169	-	91	311

Realizado por: Liza Lin

Fuente: Laboratorio de Química Ambiental de la Universidad Central del Ecuador.

3.3. PROPUESTA

El agua residual procedente de la ciudad de Salcedo, al contener una gran cantidad de Tensoactivos y otros componentes que se encuentran fuera de los límites permisibles, debe ser tratada adecuadamente antes de ser vertida a un cauce natural, con el fin de disminuir su poder contaminante; para lograr este objetivo se ha diseñado un tratamiento biológico que se describe a continuación:

Como primera etapa se realizará un tratamiento de limpieza y extracción de lodos de los tanques imhoff, para este tratamiento necesitamos por tanque 514.228 L de oxidante y 257.114 kg de catalizador para realizar la Reacción Fenton. También se necesita de las bombas de presión para remover las sustancias en los tanques y de una bomba de extracción de sólidos para los lodos. Los mismos serán ubicados en los lechos de secado y se los puede utilizar de compost para el invernadero.

La segunda etapa es la inoculación de bacterias que se las ocupara de tres diferentes formas, en el primer mes se las va a colocar tres veces por semana con una cantidad de 335m^3 por tanque imhoff. La siguiente forma de aplicar las bacterias es, la misma cantidad de bacterias cuatro veces durante tres meses, y al quinto mes se debe poner las bacterias cada quince días y así de forma indefinida.

Finalmente, el AR antes de ser descargada pasará por los pantanos artificiales en donde va a ayudar a la eficiencia de los pantanos por ser un agua tratada biológicamente.

3.4. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los resultados de análisis detallados en la Tabla XIX tales como DBO, DQO, y Tensoactivos, se realizaron en el “Laboratorio de Química Ambiental de la Universidad Central del Ecuador”, con muestras de agua residual original provenientes de los distintos procesos de la planta y de las pruebas.

3.4.1. PRUEBA 1

Observando la Tabla XIX vemos que en tensoactivos se obtiene un resultado de 0.345 mg/L que cumple con el límite máximo permisible de 0.5 mg/L, con un valor inicial de 3.23 mg/L en la tabla XIV, por lo que reduce un 89% de tensoactivos. En aceites y grasas no cumple por tener 1.6 mg/L y el límite máximo permisible es de 0.3 mg/L, teniendo un valor inicial de 36.8 mg/L en la tabla XVII, podemos ver que si ha reducido en un 96% de aceites y grasas.

3.4.2. PRUEBA 2

En Tabla XIX el resultado de tensoactivos es 1.345 mg/L que no cumple con el límite máximo permisible de 0.5 mg/L con un valor inicial de 3.23 mg/L en la tabla XIV, lo que equivale 42% de reducción. En aceites y grasas no cumple por tener 14.8 mg/L y el límite máximo permisible es de 0.3 mg/L, teniendo un valor inicial de 36.8 mg/L en la tabla XVII, consecuentemente hay disminución de un 60% de aceites y grasas.

3.4.3. PRUEBA 3

De los datos encontrados en la Tabla XIX, para tensoactivos tenemos un resultado de 1.95 mg/L que no cumple con el límite máximo permisible de 0.5 mg/L con un valor inicial de 3.23 mg/L en la tabla XIV, es decir, hay una reducción del 39%.

3.4.4. PRUEBA 4

Como se puede verificar en la Tabla XIX para tensoactivos tenemos un resultado de 2.755 mg/L que no cumple con el límite máximo permisible de 0.5 mg/L con un valor inicial de 3.23 mg/L en la tabla XIV, ha reducido un 15% de tensoactivos.

3.4.5. PRUEBA 5

De acuerdo a los datos encontrados en la misma Tabla XIX vemos que en tensoactivos tenemos un resultado de 1.91 mg/L que no cumple con el límite máximo permisible de 0.5 mg/L con un valor inicial de 3.23 mg/L en la tabla XIV, por lo que reduce un 41% de tensoactivos.

3.4.6. PRUEBA 6

En la Tabla XIX para tensoactivos obtienen un resultado de 2.2 mg/L que no cumple con el límite máximo permisible de 0.5 mg/L con un valor inicial de 3.23 mg/L en la tabla XIV, reduciendo un 32% de tensoactivos.

3.4.7. PRUEBA 7

Los datos de la Tabla XIX nos indican un valor en tensoactivos de 0.771 mg/L que no cumple con el límite máximo permisible de 0.5 mg/L con un valor inicial de 3.23 mg/L en la tabla XIV, lo que equivale un 76% de reducción. En DBO₅ según la tabla XIX nos indica un resultado de 72 mg/L dando cumplimiento con el límite máximo permisible de 100 mg/L, con un valor inicial de 207 mg/L, reduciendo un 65% de DBO₅. En DQO según la tabla XIX se obtiene un resultado de 222 mg/L cumpliendo con el límite máximo permisible de 250 mg/L, teniendo un valor inicial de 605 mg/L, reduciendo un 63% de DQO.

3.4.8. PRUEBA 8

Según la Tabla XIX para tensoactivos obtenemos un resultado de 0.155 mg/L que cumple con el límite máximo permisible de 0.5 mg/L con un valor inicial de 3.23 mg/L en la tabla XIV, consecuentemente hay disminución del 95%. En DBO₅ la tabla XIX nos indica un resultado de 61 mg/L cumpliendo con el límite máximo permisible de 100 mg/L, teniendo un valor inicial de 207 mg/L, reduciendo un 71% de DBO₅. En DQO de acuerdo a la tabla XIX obtenemos un resultado de 194 mg/L dando cumplimiento con el límite máximo permisible de 250 mg/L, teniendo un valor inicial de 605 mg/L, es decir, hay una reducción del 68%.

3.4.9. PRUEBA 9

Como se puede confirmar en la Tabla XIX notamos que para tensoactivos hay un resultado de 0.014 mg/L que cumple con el límite máximo permisible de 0.5 mg/L con un valor inicial de 3.23 mg/L en la tabla XIV, reduciendo un 99%. Para DBO₅ en la tabla XIX tenemos un resultado de 70 mg/L dando cumplimiento con el límite máximo permisible de 100 mg/L, con un valor inicial de 207 mg/L, reduciendo un 66% de DBO₅. Para DQO según la tabla XIX nos indica un resultado de 206 mg/L que se cumple con el límite máximo permisible de 250 mg/L, con un valor inicial de 605 mg/L, reduciendo un 66%.

3.4.10. PRUEBA 10

Observando la Tabla XIX para tensoactivos se obtiene un resultado de 0.231 mg/L que cumple con el límite máximo permisible de 0.5 mg/L con un valor inicial de 3.23 mg/L en la tabla XIV, por lo que ha reducido un 93%. Para DBO₅ en la tabla XIX nos indica un resultado de 51 mg/L cumpliendo con el límite máximo permisible de 100 mg/L, con un valor inicial de 207 mg/L, reduciendo un 75% de DBO₅. En DQO según la tabla XIX

poseemos un resultado de 163 mg/L que cumple con el límite máximo permisible de 250 mg/L, con un valor inicial de 605 mg/L, reduciendo un 73% de DQO.

3.4.11. PRUEBA 11

Observando en la Tabla XIX se obtiene un resultado de 0.169 mg/L para tensoactivos, cumpliendo con el límite máximo permisible de 0.5 mg/L con un valor inicial de 3.23 mg/L en la tabla XIV, es decir, reduce un 95%. En DBO₅ según la tabla XIX obtenemos un resultado de 91 mg/L dando cumplimiento con el límite máximo permisible de 100 mg/L, teniendo un valor inicial de 207 mg/L, reduciendo un 56% de DBO₅. Para DQO en la tabla XIX nos indica un resultado de 311 mg/L incumpliendo el límite máximo permisible de 250 mg/L, teniendo un valor inicial de 605 mg/L, reduciendo un 49% de DQO.

De acuerdo a los resultados en las diferentes pruebas analizadas anteriormente (Tabla XIX) se ha seleccionado el tratamiento apropiado y que constituye la propuesta para el G.A.D. Municipal del cantón Salcedo, cuyos resultados se indica en la Tabla XX.

Tabla XX

Análisis de Resultados

PARÁMETRO	UNIDAD	ANTES DE TRATAMIENTO	DESPUÉS DEL TRATAMIENTO	LÍMITES PERMISIBLES
DBO ₅	mg/L	207	51	100
DQO	mg/L	605	163	250
TENSOACTIVOS	mg/L	3,23	0,231	0,5

Realizado por: Liza Lin

Fuente: Laboratorio de Química Ambiental de la Universidad Central del Ecuador.

Se obtuvo una remoción del DBO_5 del 75%, DQO, 73% y de tensoactivos 94%. De esta manera el tratamiento propuesto ayudara a mejorar la eficiencia de la planta y consecuentemente el efluente cumplirá con los límites máximos permisibles de descarga establecidos en el TULSMA.

Mediante el trabajo de investigación realizado para la planta de tratamientos de agua residual del cantón Salcedo- Chipoaló generada por la parroquia San Miguel, se logró disminuir la cantidad de tensoactivos que se encontraba en la planta. En cada una de las pruebas realizadas se utilizaron diferentes sustancias y reactivos para seleccionar el tratamiento adecuado.

Se desconocía la diferencia de la eficacia del hierro hidratado y deshidratado por lo que se realizó la reacción Fenton con hierro hidratado y deshidratado, pudiendo comprobar según los resultados de los análisis de las pruebas que el hierro hidratado dio mejores resultados, pero esto produce una desventaja ya que al utilizar el hierro hidratado el agua se torna a un color amarillento por lo que sólo es recomendable realizar una sola vez, como tratamiento de limpieza extrayendo los lodos.

Se realizaron pruebas con procesos diferentes conjuntamente, en donde el proceso de reacción Fenton y floculación fue un proceso que facilitaría la extracción de sedimentos debido a que éstos se quedan en la superficie del agua, pero al no contar el municipio con bombas, constituirá un gasto adicional.

Con los resultados de las pruebas realizadas con bacterias los parámetros cumplen con la normativa en su mayoría, respecto a tensoactivos, aceites y grasas, por lo que fue importante tomar en cuenta mantenimiento y limpieza de los tanques imhoff.

CAPÍTULO IV

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

1. Se diseñó un tratamiento biológico para la contaminación por tensoactivos de la Planta de Tratamiento de Agua Residual del cantón Salcedo.
2. Se caracterizó el agua residual de la planta de tratamientos de agua residual, los resultados fueron, 207 mg/L de DBO₅, 605 mg/L de DQO y 3.23 mg/L de tensoactivos.
3. Se ha diseñado un sistema de tratamiento biológico que consta de cuatro etapas: la primera etapa consta de una limpieza con reacción Fenton, la segunda etapa es la implementación del cultivo bacteriano en los tanques, la tercera es la inoculación de bacterias por semana durante tres meses, y la última es la etapa de inoculación y activación de las bacterias cada 15 días consecutivamente.
4. Se evaluó el tratamiento que se está proponiendo, en donde se obtuvieron resultados: de 51 mg/L DBO₅, 163 mg/L DQO y 0.231 mg/L tensoactivos, dando cumplimiento a la normativa vigente.
5. El sistema de tratamiento biológico fue seleccionado porque en éste la eficiencia de remoción de contaminantes es de un 80%.

4.2. RECOMENDACIONES

- 1.** Mejorar el sistema de retención de sólidos gruesos, para impedir su ingreso al sistema de tratamiento.
- 2.** Capacitar y equipar al personal de operación y mantenimiento, para una mejor eficiencia del tratamiento.
- 3.** Mejorar el ingreso del agua servida a los pantanos, de tal forma que el flujo sea óptimo en todo su ancho y largo,
- 4.** Remover las plantas de los pantanos artificiales y seleccionar el tratamiento de fitorremediación adecuado para los pantanos artificiales.
- 5.** Realizar un estudio más detallado para definir los requerimientos de nuevas unidades de tratamiento con la capacidad real del agua residual que ingresa a la planta.

BIBLIOGRAFÍA

AGUA RESIDUAL. Centro de las nuevas tecnologías del agua; 2006.

<http://www.centa.es/uploads/publicaciones/doc4f965da41fa7d.pdf>

2014-05-16

AGUILAR M., et. al. Tratamiento Físico- Químico de aguas residuales Coagulación y Floculación. Murcia. Universidad de Murcia, Servicios de publicaciones. 2002, p. 35-50, 79.

BORJA B. MARIO S. Diseño de una planta de tratamiento para Aguas residuales de la ciudad de Guaranda. (Tesis) (Ing. en Biotec. Amb.) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de ciencias, Escuela de Ciencias Químicas. Riobamba. 2011, p. 163.

CLASIFICACIÓN DE TENSOACTIVOS. Secretaria de medio ambiente y recursos naturales de México; 2012.

<http://www.semarnat.gob.mx/archivosanteriores/temas/gestionambiental/Materiales%20y%20Actividades%20Riesgosas/sitioscontaminados/GTZ/EClasificacion%20de%20Tensoactivos.pdf>.

2014-06-01

CLASIFICACIÓN DE TENSOACTIVOS. Quiminet; 2007.

<http://www.quiminet.com/articulos/los-tensoactivos-y-su-clasificacion-22143.htm>

2014-05-29

DELGADILLO O. et. al. Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales. Bolivia. Nelson Antequera Durán. 2010, p. 9-11.

EFFECTOS DE LOS TENSOACTIVOS Revista electrónica química; Universidad de Alicante, 2012; 2014.

http://issuu.com/rsalonso/docs/revista_electr_nica_pdf_qu_mica,

http://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/10111/4/Var%C3%B3n%20Galva%C3%B1,%20Pedro%20Jos%C3%A9_3.pdf

2014-06-15

EUTROFIZACIÓN. Aguamarket.

http://www.aguamarket.com/sql/temas_interes/233.asp

2014-06-16

FLOCULACION Y COAGULACION. SEDAPAL Evaluación de Platas y Desarrollo Tecnológico; Universidad de Castilla La Mancha. 2000; 2013.

<http://www.frm.utn.edu.ar/archivos/civil/Sanitaria/Coagulaci%C3%B3n%20y%20Floculaci%C3%B3n%20del%20Agua%20Potable.pdf>,

http://www.uclm.es/profesorado/giq/contenido/dis_procesos/tema5.pdf

2014-06-15

LARA B. Jaime A. Depuración de aguas residuales urbanas mediante humedales artificiales (tesis) (Master en Ing. y Gest. Amb.). Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona. 1999, p 35-40.

MARTINEZ S., RODRÍGUEZ M. Tratamiento de aguas residuales con MATLAB. D.F. México. Reverté. 2005, p. 66.

METCALF L., y HARRISON E. Ingeniería de Aguas Residuales. Vol. II Tratamiento, vertido y reutilización. 3.ed, Estados Unidos. Mc Graw Hill. 1995, p. 35-40

MICROORGANISMOS. Estación Experimental Agropecuaria para la Introducción de Tecnologías Apropriadas en Japón.

[http://www.emuruguay.org/PDF/Microorganismos_Eficaces_EM_Presentacion_breve.p
df](http://www.emuruguay.org/PDF/Microorganismos_Eficaces_EM_Presentacion_breve.pdf)

2014-06-14

OSORIO F. et. al. Tratamiento de Aguas para la eliminación de microorganismos y agentes contaminantes. Madrid - España. Díaz de Santos. 2010, p. 47-55.

RAMALHO R. Tratamientos de Agua Residual. Barcelona - España. Reverté. 2003, p. 617-630

RAMOS., et. al. El agua en el medio ambiente: muestreo y análisis; México D.F. - México; Plaza y Valdés; 2003, p. 95-100.

REACCIÓN FENTON. Bauer R. y Fallmann H. The Photo-Fenton oxidation-A cheap and efficient wastewater treatment method. 1997.

<http://link.springer.com/article/10.1163%2F156856797X00565#page-1>

p. 23, 341- 354.

2014-06-01

SALGUERO N. Diseño de una planta de tratamiento de agua residual para el área de producción de tensoactivos de la empresa química superior Unichem S.A. (Tesis) (Ing. Quim). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de ciencias. Escuela de Ing. Química. Riobamba. 2012, p. 179.

SPELLMAN F. Microbiology for Waste Wastewater Operators (revised Ed.). TechnomicPublic. Lancaster, PA. 2000. TENSOACTIVOS Quiminet; Universidad Técnica Equinoccial. <http://www.quiminet.com/articulos/los-tensoactivos-y-su-clasificacion-22143.htm>,

http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/10065/1/27522_1.pdf

2014-06-19

TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL RWL WATER; Instituto Politécnico Nacional. 2012; 2007.

<http://www.rwlwater.com/que-es-la-aireacion-del-agua/?lang=es>,

<http://www.elaguapotable.com/ALTERNATPOTAB.pdf>

http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lic/hammeken_a_am/capitulo5.pdf

201-06-18

FOTOGRAFÍAS

FOTOS DE MATERIALES PARA LAS PRUEBAS

Jeringas



Balanza



Guantes



Mascarilla



Botella para la muestra



Oxigreen



Bacterias



Hierro Deshidratado



Hierro Hidratado



ANEXOS

Anexo 1

RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS PRUEBA 1



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
OFERTA DE SERVICIOS Y PRODUCTOS

LABORATORIO DE QUÍMICA AMBIENTAL INFORME DE RESULTADO

INF-LAB-QAM-34545
ORDEN DE TRABAJO No 44709

SOLICITADO POR: OXIGREEN S.A.
DIRECCIÓN: BARRIONUEVO MIGUEL CHOPEYA
FECHA DE RECEPCIÓN: 02/05/14
HORA DE RECEPCIÓN: 09H58
MUESTRA DE: AGUA MUNICIPIO DE SALCEDO
DESCRIPCIÓN: M3 TANQUE IMHOTI TRATAMIENTO OXEGREEN PURO
FECHA DE ANÁLISIS: DEL 02/05 AL 08/05/14

FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS A LA SECRETARÍA: 15/05/14
CARACTERÍSTICAS DE LAS MUESTRAS: TURBIA
ESTADO: LIQUIDO
CONTENIDO: 1 LITROS
MUESTREO POR: EL CLIENTE
OBSERVACIONES: Los resultados que constan en el presente informe se refieren a la muestra tomada por el cliente y entregado al personal técnico del OSP.

INFORME

PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	METODO
SUSTANCIAS SOLUBLES EN HEXANO	mg/l	1.6	MAM-40/APHA 5520 MODIFICADO
SUSTANCIAS ACTIVAS AL AZUL DE METILENO	mg/l	0.369	MAM-74/APHA 5540 C MODIFICADO



LABORATORIO DE
ENSAYOS
N° OAE LE 10 04-002

"Los ensayos marcados con (*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE"



Bloq. Alicia Cepa
JEFE AREA DE QUÍMICA AMBIENTAL

ANEXO: LISTA DE INCERTIDUMBRES

2 1/1

RAM-4.1-04




Dirección: Francisco Viteri s/n y Gilberto Gatto Sobral - Teléfonos: 2502-262 / 2502-456, ext. 15, 18, 21, 31, 33
Telefax: 3216-740 - Web: www.facquimuce.edu.ec - E-mail: laboratoriososp@hotmail.com



Anexo 2

RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS PRUEBA 2



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
OFERTA DE SERVICIOS Y PRODUCTOS
LABORATORIO DE QUÍMICA AMBIENTAL
INFORME DE RESULTADO


INF-LAB-QAM-34544
ORDEN DE TRABAJO No 44709

SOLICITADO POR: OXIGREEN S.A.
DIRECCIÓN: BARRIONUEVO MIGUEL CHOPEYA
FECHA DE RECEPCION: 02/05/14
HORA DE RECEPCION: 09H58
MUESTRA DE: AGUA MUNICIPIO DE SALCEDO
DESCRIPCION: M1 TANQUE INHOFT 1 TRATAMIENTO DESENGRASANTE
FECHA DE ANALISIS: DEL 02/05 AL 08/05/14

FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS A LA SECRETARIA: 15/05/14
CARACTERÍSTICAS DE LAS MUESTRAS: TURBIA
ESTADO: LIQUIDO
CONTENIDO: 1 LITROS
MUESTREO POR: EL CLIENTE
OBSERVACIONES: Los resultados que constan en el presente informe se refieren a la muestra tomada por el cliente y entregado al personal técnico del OSP.


INFORME

PARAMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	METODO
SUSTANCIAS SOLUBLES EN HEXANO	mg/l	14.8	MAM-40/APHA 5520 MODIFICADO
SUSTANCIAS ACTIVAS AL AZUL DE METILENO	mg/l	1.345	MAM-74/APHA 5540 C MODIFICADO



LABORATORIO DE ENSAYOS
N° OAE LE 10 04-002

*"Los ensayos marcados con (*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE"*



Bloq. Alicia Cepa
JEFE AREA DE QUÍMICA AMBIENTAL


ANEXO: LISTA DE INCERTIDUMBRES



1 1/1

RAM-4.1-04

Dirección: Francisco Viteri s/n y Gilberto Gatto Sobral - Teléfonos: 2502-262 / 2502-456, ext. 15, 18, 21, 31, 33
Telefax: 3216-740 - Web: www.facquimuce.edu.ec - E-mail: laboratoriososp@hotmail.com



CATEGORÍA
A
ACREDITADA
CONEP

Anexo 3

RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS PRUEBA 3



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
OFERTA DE SERVICIOS Y PRODUCTOS
LABORATORIO DE QUÍMICA AMBIENTAL
INFORME DE RESULTADO

INF-LAB-QAM-34671
ORDEN DE TRABAJO No 44861

SOLICITADO POR: OXIGREEN S.A.
DIRECCIÓN: BARRIONUEVO MIGUEL CHOPEYA
FECHA DE RECEPCIÓN: 13/05/14
HORA DE RECEPCIÓN: 13H00
MUESTRA DE: AGUA
DESCRIPCIÓN: AGUA M1
FECHA DE ANÁLISIS: DEL 13/05 AL 23/05/14
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS A LA SECRETARÍA: 26/05/14
CARACTERÍSTICAS DE LAS MUESTRAS: TURBIA
ESTADO: LIQUIDO
CONTENIDO: 1 LITRO
MUESTREADO POR: EL CLIENTE
OBSERVACIONES: Los resultados que constan en el presente informe se refieren a la muestra tomada por el cliente y entregado al personal técnico del OSP.

INFORME

PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	METODO
SUSTANCIAS ACTIVAS AL AZUL DE METILENO	mg/l	1.950	MAM-74/APH 5540C MODIFICADO



LABORATORIO DE
ENSAYOS
N° OAE LE 10 04-002

"Los ensayos realizados por el laboratorio NO están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE"



Bioq. Alicia Cepa
JEFE AREA DE QUÍMICA AMBIENTAL

ANEXO: LISTA DE INCERTIDUMBRE



Anexo 4

RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS PRUEBA 4



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
OFERTA DE SERVICIOS Y PRODUCTOS

LABORATORIO DE QUÍMICA AMBIENTAL
INFORME DE RESULTADO

INF-LAB-QAM-34672
ORDEN DE TRABAJO No 44861

SOLICITADO POR: OXIGREEN S.A.
DIRECCIÓN: BARRIONUEVO MIGUEL CHOPEYA
FECHA DE RECEPCIÓN: 13/05/14
HORA DE RECEPCIÓN: 13H00
MUESTRA DE: AGUA
DESCRIPCIÓN: AGUA M2
FECHA DE ANÁLISIS: DEL 13/05 AL 23/05/14
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS A LA SECRETARÍA: 26/05/14
CARACTERÍSTICAS DE LAS MUESTRAS: TURBIA
ESTADO: LIQUIDO
CONTENIDO: 1 LITRO
MUESTREADO POR: EL CLIENTE
OBSERVACIONES: Los resultados que constan en el presente informe se refieren a la muestra tomada por el cliente y entregado al personal técnico del OSP.

INFORME

PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	METODO
SUSTANCIAS ACTIVAS AL AZUL DE METILENO	mg/l	2.755	MAM-74/APHA 5540C MODIFICADO



LABORATORIO DE
ENSAYOS
N° OAE LE 1C 04-002

"Los ensayos marcados con el símbolo NO están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE"



Bioq. Alicia Cepa
JEFE AREA DE QUÍMICA AMBIENTAL

ANEXO: LISTA DE INCERTIDUMBRES



Anexo 5

RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS PRUEBA 5



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
OFERTA DE SERVICIOS Y PRODUCTOS

LABORATORIO DE QUÍMICA AMBIENTAL
INFORME DE RESULTADO

INF-LAB-QAM-34673
ORDEN DE TRABAJO No 44861

SOLICITADO POR: OXIGREEN S.A.
DIRECCIÓN: BARRIONUEVO MIGUEL CHOPEYA
FECHA DE RECEPCIÓN: 13/05/14
HORA DE RECEPCIÓN: 13H00
MUESTRA DE: AGUA
DESCRIPCIÓN: AGUA M3
FECHA DE ANÁLISIS: DEL 13/05 AL 23/05/14
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS A LA SECRETARÍA: 26/05/14
CARACTERÍSTICAS DE LAS MUESTRAS: TURBIA
ESTADO: LIQUIDO
CONTENIDO: 1 LITRO
MUESTREADO POR: EL CLIENTE
OBSERVACIONES: Los resultados que constan en el presente informe se refieren a la muestra tomada por el cliente y entregado al personal técnico del OSP.

INFORME

PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	METODO
SUSTANCIAS ACTIVAS AL AZUL DE METILENO	mg/l	1.910	MAM-74/APHA 5540C MODIFICADO



LABORATORIO DE
ENSAYOS

N° OAE LE 1C 04-002

"Los ensayos marcados con (*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE"



[Firma]
Bioq. Alicia Cepa

JEFE AREA DE QUÍMICA AMBIENTAL

ANEXO: LISTA DE INCERTIDUMBRE



Anexo 6

RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS PRUEBA 6



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
OFERTA DE SERVICIOS Y PRODUCTOS

LABORATORIO DE QUÍMICA AMBIENTAL
INFORME DE RESULTADO

INF-LAB-QAM-34674
ORDEN DE TRABAJO No 44861

SOLICITADO POR: OXIGREEN S.A.
DIRECCIÓN: BARRIONUEVO MIGUEL CHOPEYA
FECHA DE RECEPCIÓN: 13/05/14
HORA DE RECEPCIÓN: 13H00
MUESTRA DE: AGUA
DESCRIPCIÓN: AGUA M4
FECHA DE ANÁLISIS: DEL 13/05 AL 23/05/14
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS A LA SECRETARÍA: 26/05/14
CARACTERÍSTICAS DE LAS MUESTRAS: TURBIA
ESTADO: LIQUIDO
CONTENIDO: 1 LITRO
MUESTREADO POR: EL CLIENTE
OBSERVACIONES: Los resultados que constan en el presente informe se refieren a la muestra tomada por el cliente y entregado al personal técnico del OSP.

INFORME

PARAMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	METODO
SUSTANCIAS ACTIVAS AL AZUL DE METILENO	mg/l	2.200	MAM-74/APHA 5540C MODIFICADO



LABORATORIO DE
ENSAYOS

N° OAE LE 10 04-002

"Los ensayos marcados con (*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE"



Bioq. Alicia Cepa
JEFE AREA DE QUÍMICA AMBIENTAL

ANEXO: LISTA DE INCERTIDUMBRE



Anexo 7

RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS PRUEBA 7



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
OFERTA DE SERVICIOS Y PRODUCTOS

LABORATORIO DE QUÍMICA AMBIENTAL
INFORME DE RESULTADOS

INF-LAB-QAM-35306
ORDEN DE TRABAJO No 45611

SOLICITADO POR: OXIGREEN S.A.
DIRECCIÓN: BARRIONUEVO MIGUEL CHOPEYA
FECHA DE RECEPCIÓN: 10/07/14
HORA DE RECEPCIÓN: 10H22
MUESTRA DE: AGUA RESIDUAL MUNICIPIO DE SALCEDO
DESCRIPCIÓN: Fe hid+Bact
FECHA DE ANÁLISIS: DEL 10/07 AL 24/07/14
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS A LA SECRETARÍA: 05/08/14
CARACTERÍSTICAS DE LAS MUESTRAS: TURBIA
ESTADO: LIQUIDO
CONTENIDO: 2 LITROS
MUESTREADO POR: EL CLIENTE
OBSERVACIONES: Los resultados que constan en el presente informe se refieren a la muestra tomada por el cliente y entregado al personal técnico del OSP.

INFORME

PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	METODO
DBO ₅	mg O ₂ /l	72	MAM-38 / APHA5210 B MODIFICADO
DQO	mg O ₂ /l	222	MAM-23A/COLORIMETRICO MERCK MODIFICADO
SUSTANCIAS ACTIVAS AL AZUL DE METILENO (DETERGENTES ANIONICOS)	mg/l	0.771	MAM-74/APHA 5540 C MODIFICADO
SOLIDOS TOTALES	mg/l	726	MAM-29/APHA 2540 B MODIFICADO



LABORATORIO DE ENSAYOS

N° OAE LE 1C 04-002 "Los ensayos marcados con (*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE"



B.F. Alicia Cepa
JEFE AREA QUÍMICA AMBIENTAL

Anexo: Lista de Incertidumbre



3 1/1

Dirección: Francisco Viteri s/n y Gilberto Gatto Sobral - Teléfonos: 2502-262 / 2502-456, ext. 15, 18, 21, 31, 33
Telefax: 3216-740 - Web: www.facuquimuce.edu.ec - E-mail: laboratoriososp@hotmail.com



Anexo 8

RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS PRUEBA 8



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
OFERTA DE SERVICIOS Y PRODUCTOS

LABORATORIO DE QUÍMICA AMBIENTAL
INFORME DE RESULTADOS

INF-LAB-QAM-35309
ORDEN DE TRABAJO No 45611

SOLICITADO POR: OXIGREEN S.A.
DIRECCIÓN: BARRIONUEVO MIGUEL CHOPEYA
FECHA DE RECEPCIÓN: 10/07/14
HORA DE RECEPCIÓN: 10H22
MUESTRA DE: AGUA RESIDUAL MUNICIPIO DE SALCEDO
DESCRIPCIÓN: Fe des+Bacte
FECHA DE ANÁLISIS: DEL 10/07 AL 24/07/14

FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS A LA SECRETARÍA: 05/08/14
CARACTERÍSTICAS DE LAS MUESTRAS: TURBIA
ESTADO: LIQUIDO
CONTENIDO: 2 LITROS
MUESTREADO POR: EL CLIENTE
OBSERVACIONES: Los resultados que constan en el presente informe se refieren a la muestra tomada por el cliente y entregado al personal técnico del OSP.

INFORME

PARAMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	METODO
DBO ₅	mgO ₂ /l	61	MAM-38 / APHA5210 B MODIFICADO
DQO	mgO ₂ /l	194	MAM-23A/COLORIMETRICO MERCK MODIFICADO
SUSTANCIAS ACTIVAS AL AZUL DE METILENO (DETERGENTES ANIONICOS)	mg/l	0.155	MAM-74/APHA 5540 C MODIFICADO
SOLIDOS TOTALES	mg/l	663	MAM-29/APHA 2540 B MODIFICADO



LABORATORIO DE
ENSAYOS

N° OAE LE 1C 04-002 "Los ensayos marcados con (*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE"



B.F. Alicia Cepa

B.F. Alicia Cepa
JEFE AREA QUÍMICA AMBIENTAL

Anexo: Lista de incertidumbre

5 1/1



Dirección: Francisco Viteri s/n y Gilberto Gatto Sobral - Teléfonos: 2502-262 / 2502-456, ext. 15, 18, 21, 31, 33
Telefax: 3216-740 - Web: www.facquimuce.edu.ec - E-mail: laboratoriososp@hotmail.com



Anexo 9

RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS PRUEBA 9



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
OFERTA DE SERVICIOS Y PRODUCTOS

LABORATORIO DE QUÍMICA AMBIENTAL
INFORME DE RESULTADOS

INF-LAB-QAM-35304
ORDEN DE TRABAJO No 45611

SOLICITADO POR: OXIGREEN S.A.
DIRECCIÓN: BARRIONUEVO MIGUEL CHOPEYA
FECHA DE RECEPCIÓN: 10/07/14
HORA DE RECEPCIÓN: 10H22
MUESTRA DE: AGUA RESIDUAL MUNICIPIO DE SALCEDO
DESCRIPCIÓN: Fe hid+Flo+Bac
FECHA DE ANÁLISIS: DEL 10/07 AL 24/07/14
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS A LA SECRETARÍA: 05/08/14
CARACTERÍSTICAS DE LAS MUESTRAS: MUY TURBIA
ESTADO: LIQUIDO
CONTENIDO: 2 LITROS
MUESTREO POR: EL CLIENTE
OBSERVACIONES: Los resultados que constan en el presente informe se refieren a la muestra tomada por el cliente y entregado al personal técnico del OSP.

INFORME

PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	METODO
DBO ₅	mgO ₂ /l	70	MAM-38 / APHA5210 B MODIFICADO
DQO	mgO ₂ /l	206	MAM-23A/COLORIMETRICO MERCK MODIFICADO
SUSTANCIAS ACTIVAS AL AZUL DE METILENO (DETERGENTES ANIONICOS)	mg/l	<0.014	MAM-74/APHA 5540 C MODIFICADO
SOLIDOS TOTALES	mg/l	627	MAM-29/APHA 2540 B MODIFICADO



LABORATORIO DE ENSAYOS

N° OAE LE 10 04-002

"Los ensayos marcados con (*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE"



B.F. Alicia Cepa

JEFE AREA QUÍMICA AMBIENTAL

Anexo: Lista de incertidumbre



1 1/1

Dirección: Francisco Viteri s/n y Gilberto Gatto Sobral - Teléfonos: 2502-262 / 2502-456, ext. 15, 18, 21, 31, 33
Telefax: 3216-740 - Web: www.facquimuce.edu.ec - E-mail: laboratoriososp@hotmail.com



Anexo 10

RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS PRUEBA 10



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
OFERTA DE SERVICIOS Y PRODUCTOS

LABORATORIO DE QUÍMICA AMBIENTAL
INFORME DE RESULTADOS

INF-LAB-QAM-35305
ORDEN DE TRABAJO No 45611

SOLICITADO POR: OXIGREEN S.A.
DIRECCIÓN: BARRIONUEVO MIGUEL CHOPEYA
FECHA DE RECEPCIÓN: 10/07/14
HORA DE RECEPCIÓN: 10H22
MUESTRA DE: AGUA RESIDUAL MUNICIPIO DE SALCEDO
DESCRIPCIÓN: Tanque+Bacteria
FECHA DE ANÁLISIS: DEL 10/07 AL 24/07/14
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS A LA SECRETARÍA: 05/08/14
CARACTERÍSTICAS DE LAS MUESTRAS: TURBIA
ESTADO: LIQUIDO
CONTENIDO: 2 LITROS
MUESTREADO POR: EL CLIENTE
OBSERVACIONES: Los resultados que constan en el presente informe se refieren a la muestra tomada por el cliente y entregado al personal técnico del OSP.

INFORME

PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	METODO
DBO ₅	mgO ₂ /l	51	MAM-38 / APHA5210 B MODIFICADO
DQO	mgO ₂ /l	163	MAM-23A/COLORIMETRICO MERCK MODIFICADO
SUSTANCIAS ACTIVAS AL AZUL DE METILENO (DETERGENTES ANIONICOS)	mg/l	0.231	MAM-74/APHA 5540 C MODIFICADO
SOLIDOS TOTALES	mg/l	652	MAM-29/APHA 2540 B MODIFICADO



LABORATORIO DE ENSAYOS

Nº OAE LE 10 04-002

"Los ensayos marcados con (*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE"



B.F. Alicia Cepa
JEFE AREA QUÍMICA AMBIENTAL

Anexo: Lista de Incertidumbre



2 1/1

Dirección: Francisco Viteri s/n y Gilberto Gatto Sobral - Teléfonos: 2502-262 / 2502-456, ext. 15, 18, 21, 31, 33
Telefax: 3216-740 - Web: www.facquimuce.edu.ec - E-mail: laboratoriososp@hotmail.com



Anexo 11

RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS PRUEBA 11



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
OFERTA DE SERVICIOS Y PRODUCTOS

LABORATORIO DE QUÍMICA AMBIENTAL
INFORME DE RESULTADOS

INF-LAB-QAM-35307
ORDEN DE TRABAJO No 45611

SOLICITADO POR: OXIGREEN S.A.
DIRECCIÓN: BARRIONUEVO MIGUEL CHOPEYA
FECHA DE RECEPCION: 10/07/14
HORA DE RECEPCION: 10H22
MUESTRA DE: AGUA RESIDUAL MUNICIPIO DE SALCEDO
DESCRIPCION: Pantano+Bacteria
FECHA DE ANALISIS: DEL 10/07 AL 24/07/14

FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS A LA SECRETARIA: 05/08/14
CARACTERISTICAS DE LAS MUESTRAS: TURBIA
ESTADO: LIQUIDO
CONTENIDO: 2 LITROS
MUESTREADO POR: EL CLIENTE
OBSERVACIONES: Los resultados que constan en el presente informe se refieren a la muestra tomada por el cliente y entregado al personal técnico del OSP.

INFORME

PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	METODO
DBO ₅	mgO ₂ /l	91	MAM-38 / APHA5210 B MODIFICADO
DQO	mgO ₂ /l	311	MAM-23A/COLORIMETRICO MERCK MODIFICADO
SUSTANCIAS ACTVAS AL AZUL DE METILENO (DETERGENTES ANIONICOS)	mg/l	0.169	MAM-74/APHA 5540 C MODIFICADO
SOLIDOS TOTALES	mg/l	725	MAM-29/APHA 2540 B MODIFICADO



LABORATORIO DE ENSAYOS
N° OAE LE 1C 04-002 "Los ensayos marcados con (*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE"





B.F. Alicia Cepa
JEFE AREA QUÍMICA AMBIENTAL

Anexo: Lista de incertidumbre



4 1/1

Dirección: Francisco Viteri s/n y Gilberto Gatto Sobral - Teléfonos: 2502-262 / 2502-456, ext. 15, 18, 21, 31, 33
Telefax: 3216-740 - Web: www.facquinuce.edu.ec - E-mail: laboratoriososp@hotmail.com

